

明 細 書 10/576154 Rec'd PCT/PTO 17 APR 2006

発光装置

技術分野

- [0001] 本発明は、レーザダイオード(LD)、発光ダイオード(LED)のような発光素子が実装されてなる発光装置に関する。特に発光素子とともに発光素子からの光を励起光として異なる波長を有する光を発光する蛍光物質を備える発光装置に関する。また、半導体発光素子や半導体受光素子、又は半導体デバイス等の発熱体の放熱に用いられる放熱部材、並びにこれを備えた半導体装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 発光ダイオードを利用した照明装置として、多数の発光ダイオードを導電性プレートの上に実装させた照明装置が提案されている。例えば、特許文献1に開示される照明装置は、発光ダイオードが実装されていない側の導電性プレートが冷却体に接続されており、冷却体にて発光ダイオードの放熱を促すことによって、高出力な発光が可能な照明装置である。また、放熱性の更なる改善のために、冷却体には冷却液が還流される。
- [0003] また、例えば特許文献2に開示される真空蛍光管は、導体に蛍光体層が被着された陽極と、その陽極に対向する陰極とが、真空容器内に配設されたファクシミリ光源用真空蛍光管である。ここで、蛍光体層が被着された陽極の一部は、真空容器の外へ延伸する延伸部となり、該延伸部が外気に接する冷却部とされている。この蛍光管は、蛍光体層が被着された陽極を熱伝導性のよい金属材料とし、上記冷却部による放熱を促すことで、被着された蛍光体層の発熱を下げることができる。これにより、真空蛍光管は、蛍光体の劣化を防ぎ、発光効率の向上および高輝度発光を維持することができる。
- [0004] ここで、半導体デバイス等の発熱体の放熱に用いられるヒートシンクにおける一般的な冷却手段としては、受動的冷却手段と能動的冷却手段とに分けることができる。例えば、前者は熱容量の大きなヒートシンクを用いることで発熱体の放熱を行うものであり、後者は発熱体を実装するヒートシンク内に冷却水を流して熱を奪い取るといった

手段である。近年、更なる高出力化や高輝度化等が要求される半導体装置においては、効率よく冷却ができる能動的冷却手段の採用が好まれている。

[0005] 受動的冷却手段を用いた半導体装置として、例えば赤外帯域の半導体レーザアレイで1〜数十ワット(W)もの光出力が得られている。ここで、半導体レーザアレイとは、単一半導体結晶上に複数の共振器が配列されたアレイ、もしくは分離された複数の半導体結晶上にそれぞれ共振器が配列されたアレイのことを示す。

[0006] また半導体レーザアレイをスタック構造とすることによって、数十〜数千ワット(W)もの光出力が得られている。このようなスタック構造をした半導体装置に用いられている冷却手段が能動的冷却手段である。例えば、特許文献3では、ヒートシンク内に水路を設け、半導体レーザアレイの直下を冷却する技術が提案されている。水路内において、加圧された流体が発熱体の直下に吹き付けられるように水路を細めた複数の微細孔が設けられている。この微細孔から流体を勢いよく半導体レーザアレイの直下に吹き付けることで、熱伝達効率を向上させる。この半導体装置の構造は、半導体レーザ等の発熱体の放熱面に対し、流体がほぼ直角に当たるように水路が設計されている。

特許文献1:特表2002-544673号公報

特許文献2:特開昭59-161966号公報

特許文献3:特開平8-139479号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 一般に、光変換部材に含有される蛍光体の光変換効率は、蛍光体の周囲温度が高くなるにしたがって低下することが知られている。上述の技術は、このような問題を解決する為に発光装置における光変換部材の外部的発熱要因を取り除く方法として考案されたものである。すなわち、発光ダイオードの実装基板を冷却し、また蛍光体が被着された電極の他端に冷却部を設けることにより、外部から熱を受けて発熱する光変換部材の熱を取り除くものである。

[0008] ところで、従来までに蛍光体を紫外領域で励起する光源として選択されていたものとして、高圧水銀ランプなどが挙げられるが、熱を多量に発生するばかりか、可視光

スペクトルを有しており、紫外光のみを取り出す為のフィルタ等が必要であった。本出願人等は、高出力な紫外光を発する窒化物半導体素子を発表し(JJAP Vol.41(2002)L1434-1436)、このような発光素子を蛍光物質の励起光源として利用することを考案した。これにより、従来選択されていた紫外領域で励起する光源と比べ、熱の発生が少なく、フィルタ等を要しなくとも高出力な紫外光スペクトルのみを取り出すことが可能となった。すなわち、発光装置における光変換部材の外部的発熱要因を限りなく無視できるようになった。

[0009] しかしながら、そのような短波長領域にスペクトルを有する光半導体発光素子を蛍光体の励起光源としても、スペクトルによる光変換部材部の発熱は無視できるものの、蛍光体の発熱が無視できなくなることがわかってきた。すなわち、高エネルギーの励起光に曝される蛍光体は、蛍光体のストークスフォトルミネッセンス機構のロス(以降、「ストークスロス」と呼ぶ。)に起因する自己発熱を起こす。これは、外部的に熱を加えられることによる光変換部材全体の温度上昇とは異なり、光変換部材に含有される蛍光体自身の発熱を起源として光変換効率を自ら低下させているのである。

そこで、本発明は、蛍光体の自己発熱を抑制し、光変換部材の劣化を阻止するとともに、蛍光体の発光効率を向上させ、高出力な発光装置を実現させることを第1の目的とする。

[0010] また、上記能動的冷却方式の一例として示した半導体レーザ等は、発熱体の放熱面に対して流体(冷却媒体)がほぼ直角に当たるように水路を設計することにより、ヒートシンク内壁面における摩擦抵抗を限りなく小さくした点に特徴がある。すなわち、流体(冷却媒体)と放熱面とが接する部位には、摩擦抵抗を引き起こす一種の皮膜が形成されており、該皮膜を皮膜面に対して垂直な方向から冷却水を勢い良く吹き付けることにより皮膜を破壊して、冷却効率を効率良く向上するものである。

[0011] しかしながら、LEDや面発光レーザ等の面発光装置は、マトリクス状に実装することによりその機能を発揮するものである。即ち、LEDや面発光レーザ等の面発光装置を複数個組み合わせることで高出力の発光装置を作ろうとすれば、複数の面発光装置をマトリクス状に実装する必要がある。これらの面発光装置は各々が発熱体であるため、各面発光装置に対して効率の高い冷却を行う必要がある。ところが、前記水路構造

を適用した場合、放熱面に垂直な方向から流体(冷却媒体)が吹き付けられる部位は限られているため、このような部位を面発光装置毎に多数形成するためには水路が複雑化してしまい、面発光装置の高密度な実装が妨げられてしまう。

そこで本発明は、十分な冷却機能を有するヒートシンク(放熱部材)、及びこのようなヒートシンクを備えた半導体装置を提供すること、特に放熱面と流体(冷却媒体)の流れる方向とが平行な位置関係にある場合や、流体(冷却媒体)の流れる方向と平行な面上に発熱体を1以上実装してある場合においても十分な冷却機能を有するヒートシンク、及びこのようなヒートシンクを備えた半導体装置を提供することを第2の目的とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 本発明に係る発光装置は、発光素子と、発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し異なる波長を有する光を発する蛍光物質を含有する光変換部材とを備える発光装置であって、発光装置は、発光素子の方から見て光変換部材を備える側に、さらに放熱部材を有することを特徴とする。このように構成すると、蛍光体の放熱が従来と比較して効率よく行えるため、蛍光体の自己発熱を抑制し、蛍光体の劣化を防止することにより、蛍光体の光変換効率を向上させ、さらに高出力な発光装置とすることができる。
- [0013] また、放熱部材は、冷媒の流路を有する。これにより、放熱部材による放熱を効率よく行うことができ、蛍光物質からの放熱性がさらに向上するため、さらに高出力な発光装置とすることができる。
- [0014] また、放熱部材は、上記冷媒が導入される供給口と、上記流路を還流される冷媒が放出される排出口とを少なくとも一対有する。このように構成し、放熱部材に冷媒を還流させると、発光装置の放熱性が向上し、高出力な発光装置とすることができる。
- [0015] また、上記放熱部材は、少なくとも上記発光素子からの光を透過する材料、または、前記発光素子からの光と前記光変換部材が発する光の両方の光を透過させることのできる材料からなる。これにより、放熱部材に光変換部材を配置させるとき、発光観測面側の主面だけでなく、発光素子からの光が照射される側の主面にも光変換部材を配置させることができる。

- [0016] 上記放熱部材は、2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成される放熱部材であり、上記発光素子は、上記放熱部材の主面上に2次元状に配列するように複数実装され、上記流路内において上記板状部材の表面に複数の凸部が形成され、上記複数の凸部の少なくとも一部は、上記発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成される。このように構成することにより、蛍光体の自己発熱を抑制し、蛍光体の劣化を防止することにより、蛍光体の光変換効率を向上させるだけでなく、発光素子の自己発熱による光出力の低下を抑制することが可能となり、複数の発光素子を高密度実装することが可能となる。これにより、さらに高出力な発光装置とすることができる。
- [0017] 本発明に係る発光装置は、発光素子と、発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し異なる波長を有する光を発する蛍光物質を含有する光変換部材と、放熱部材とを備える発光装置であって、上記放熱部材は、冷媒の流路を有し、上記発光素子が載置される側にて第1の流路を有する第1の放熱部材と、上記発光素子からの光が照射される側にて第2の流路を有する第2の放熱部材とからなり、第2の放熱部材は、上記光変換部材を有することを特徴とする。このように構成すると、蛍光体の放熱が従来と比較して効率よく行えるため、蛍光体の自己発熱を抑制し、蛍光体の劣化を防止することにより、蛍光体の光変換効率を向上させ、さらに高出力な発光装置とすることができる。
- [0018] また、上記流路は、上記第1の流路と上記第2の流路とを連絡する第3の流路を有する。このように構成すると、発光装置に供給された冷媒を第1の流路および第2の流路において並流させることができ、発光素子の放熱と蛍光体の放熱が同じ放熱システムで行えるため、発光装置の放熱部材の構造を簡略化することができる。
- [0019] また、上記第1の放熱部材および／または上記第2の放熱部材は、上記冷媒が導入される供給口と、上記流路を還流される冷媒が放出される排出口とを少なくとも一対有する。このように構成し連続して冷媒を供給・排出すると、発光装置の放熱性が向上し、高出力な発光装置とすることができる。
- [0020] また、上記第1の放熱部材と、絶縁性部材と、支持基板と、上記第2の放熱部材とが積層されている。このように構成すると、より簡単な構成で放熱性に優れた発光装置

とすることができる。

- [0021] また、上記放熱部材は、上記供給口あるいは排出口を、少なくとも一方の主面側に有し、上記絶縁性部材と上記支持基板は、上記第3の流路の一部となるような貫通孔を有する。このように構成すると、発光装置の主面方向に一对の供給口および排出口を形成させることができ、発光装置の光学特性に悪影響を及ぼさない方向から冷媒の還流を行うことができる。
- [0022] また、上記絶縁部材の少なくとも一方の主面にAu、Ag、Alから選択される少なくとも一種を含む導電性部材が被着されている。このように構成すると、発光素子に電力を供給することが容易にできる。
- [0023] また、上記発光素子の一方の電極は、導電性ワイヤを介して上記絶縁性部材の少なくとも一方の主面に被着された導電性部材と電氣的に接続され、他方の電極は、上記第1の放熱部材とにそれぞれ電氣的に接続される。このように構成すると、発光素子に電力を供給することが容易にできる。
- [0024] また、上記第2の放熱部材は、少なくとも上記発光素子からの光を透過する材料、または、上記発光素子からの光と上記光変換部材が発する光の両方の光を透過させることのできる材料からなる。これにより、第2の放熱部材に光変換部材を配置させるとき、発光観測面側の主面だけでなく、発光素子からの光が照射される側の主面にも光変換部材を配置させることができる。
- [0025] また、上記第1の放熱部材および／または上記第2の放熱部材は、2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成される放熱部材であり、上記発光素子は、上記第1の放熱部材の主面上に2次元状に配列するように複数実装され、上記流路内において上記板状部材の表面に複数の凸部が形成され、上記複数の凸部の少なくとも一部は、上記発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成される。このように構成することにより、蛍光体の自己発熱を抑制し、蛍光体の劣化を防止することにより、蛍光体の光変換効率を向上させるだけでなく、発光素子の自己発熱による光出力の低下を抑制することが可能となり、複数の発光素子を高密度実装することが可能となる。これにより、さらに高出力な発光装置とすることができる。
- [0026] 本発明に係る発光装置は、2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成

される放熱部材と、上記放熱部材の主面上に2次元状に配列するように実装される複数の発光素子とを備える発光装置であって、上記流路内において上記板状部材の表面に複数の凸部が形成され、上記複数の凸部の少なくとも一部は、上記発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成されることを特徴とする。このように構成することにより、流路内における板状部材の表面における熱密度が低下する。そのため、発光素子の自己発熱による光出力の低下を抑制することが可能となり、複数の発熱体を高密度実装することができる。これにより、高出力な発光装置とすることができる。

[0027] また、上記複数の凸部は、上記流路の入口から出口に向かって最も近接する凸部同士を順次結んだ線分が屈曲を繰り返すように互いにずれて配置される。このように構成すると、その部分における熱密度を下げることができ、熱分布を抑制して高効率な冷却ができるため、さらに高出力な発光装置とすることができる。

[0028] また、上記複数の凸部の少なくとも一部は、上記発光素子の間に中心が位置するように形成される。このように構成すると、発光素子自身の内部で生じる熱分布を抑制して高効率な冷却ができるため、さらに高出力な発光装置とすることができる。

[0029] また、上記複数の凸部が各発光素子の略中央と頂点付近とに配置される。このように構成すると、発光素子自身の内部で生じる熱分布と、発光素子同士の熱干渉によって起きる熱分布の両方を抑制して効果的な放熱を行うことができる。これにより高効率な冷却ができるため、さらに高出力な発光装置とすることができる。

[0030] また、上記板状部材の貼り合わせ面が、Auを含む金属材料によって覆われている。このように構成すると、板状部材同士の密着性が高められるため冷却材の漏れをなくし、信頼性の向上した発光装置とすることができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]図1は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な断面図である。

[図2]図2は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な断面図である。

[図3]図3は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な断面図である。

[図4]図4は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な断面図である。

[図5]図5は、本発明の実施例および比較例の特性を示す図である。

[図6]図6は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な斜視図および断面図である。

[図7]図7は、本発明の一実施例である発光装置の各構成部材を示す模式的な斜視図である。

[図8]図8は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な断面図である。

[図9]図9は、本発明の一実施例である発光装置の模式的な断面図である。

[図10]図10は、本発明の一実施例である構成部材の模式的な斜視図である。

[図11]図11は、本発明の半導体装置の構成を説明する模式的断面図である。

[図12]図12は、本発明の半導体装置の構成を、金属キャップ等を省略して示した模式的斜視図である。

[図13]図13は、本発明のヒートシンク構造を説明する模式的断面図である。

[図14]図14(a)～(c)は、本発明の第1の板状部材の一例を模式的に示す斜視図、平面図及び断面図である。

[図15]図15(a)～(c)は、本発明の第2の板状部材の一例を模式的に示す斜視図、平面図及び断面図である。

[図16]図16(a)及び(b)は、図4及び図5に示した板状部材を組み合わせた様子を示す平面図及び断面図である。

[図17]図17(a)及び(b)は、半導体素子と流路内の凸部の位置関係を模式的に示す平面図及び断面図である。

[図18]図18は、本発明の実施形態により構成されるLED光源のユニットモジュール光源装置を説明する図である。

[図19]図19は、本発明の実施形態により構成されるLED光源のユニットモジュール光源装置を説明する図である。

[図20]図20は、本発明の実施形態により構成されるLED光源の超高出力化モジュール光源装置を説明する図である。

[図21]図21は、本発明の実施形態により構成されるLED光源の超高出力化モジュール光源装置を説明する図である。

[図22]図22は、本発明の実施形態によってなされた能動的冷却手段によるLED素

子のIL特性と、受動的冷却手段によるLED素子のIL特性の相対比較を示す図である。

[図23]図23は、本発明の実施形態によって高輝度化されたLED光源のIL特性である。

[図24]図24は、本発明の実施形態によって高輝度化されたLED光源のCW-ACC駆動試験と、受動的冷却手段によるLED1素子のCW-ACC駆動試験から予測される劣化曲線との比較を示す図である。

[図25]図25は、本発明の実施形態によって高輝度化されたLED光源のCW-ACC駆動試験と、受動的冷却手段によるLED1素子のCW-ACC駆動試験から予測される劣化曲線との比較を示す図である。

[図26]図26(a)～(c)は、本発明の圧力の等高線を示す図である。

[図27]図27は、本発明に係る発光装置の放熱部材の最低温度と流体の流量の関係を示す図である。

[図28]図28は、本発明に係る発光装置の放熱部材の最高温度と流体の流量の関係を示す図である。

[図29]図29は、本発明に係る発光装置の放熱部材の熱抵抗と流体の流量の関係を示す図である。

符号の説明

- [0032] 1、10 発熱体
2 第1の板状部材
3 第2の板状部材
100、200、300、400 発光装置
101、201、301、401 光変換部材
102、202、302、402 放熱部材
103 支持部材
104 半導体発光素子
105 流路
106、111 凹部

- 107 絶縁性部材
- 108 支持基板
- 109 第2の放熱部材
- 109a、115a 第1の板状部材
- 109b、115b 第2の板状部材
- 110 第3の流路
- 112 第1の流路
- 113 第2の流路
- 114 オーリング
- 115 第1の放熱部材
- 116 導電性部材
- 302 透光性部材

発明を実施するための最良の形態

[0033] 本発明を実施するための最良の形態を、以下に図面を参照しながら説明する。ただし、以下に示す形態は、本発明の技術思想を具体化するための発光装置を例示するものであって、本発明は発光装置を以下に限定するものではない。また、各図面に示す部材の大きさや位置関係などは説明を明確にするために誇張しているところがある。

[0034] 実施の形態1.

本発明に係る実施の形態1の発光装置は、発光素子と、発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し異なる波長を有する光を発する蛍光物質を含有する光変換部材とを備える発光装置であって、発光装置は、発光素子の方から見て光変換部材を備える側に、さらに放熱部材を有する発光装置である。すなわち、本発明は、半導体発光素子、光変換部材および放熱部材を備え、その放熱部材により、蛍光体を含有する光変換部材からの放熱を促進させる発光装置である。これにより、高出力の励起光のもと、蛍光体の自己発熱が抑制され、蛍光体の劣化が防止できるため、発光装置の出力低下が生じることなく、さらに高出力な光、例えば白色系等の光を発光することができる。

- [0035] より具体的には、本形態にかかる発光装置は、発光素子からの光が照射される方向に光変換部材を有し、その光変換部材に隣接して、あるいは光変換部材中に、その光変換部材からの放熱を促進させるための放熱部材を有する。放熱部材は、光変換部材が載置される側に流路を有することが好ましい。その流路は、光変換部材からの放熱を促進させる冷媒を有することができる。これにより、高出力かつ高エネルギーの励起光に曝される蛍光体の自己発熱を抑制することができる。なお、本明細書における「冷媒」とは、例えば、冷却水、冷却ガス、低沸点不活性液体のような熱冷却媒体、あるいはペルチェ素子のような固体状の熱傾斜媒体をいう。また、冷媒は、循環させることで発光装置からの放熱が促進されるが、循環させる形態に限定されることはない。
- [0036] 本形態における光変換部材は、発光素子からある一定の間隔を空けて、その発光素子からの光が照射される方向に配置される。これにより、光変換部材が発光素子を直に被覆している従来の発光装置と比較して、蛍光体が発光素子から受ける熱の影響を小さくすることができる。本形態において、特に光変換部材は、開口部を有するように格子状にされた平面的な放熱部材に塗布されていることが好ましい。あるいは、放熱部材は、光変換部材中に三次元的な格子状に形成することもできる。すなわち、光変換部材は、その中に放熱部材が網目状に張り巡らされている状態とすることが好ましい。このとき、光変換部材は、格子状の放熱部材のうち、半導体発光素子からの光が照射される面、あるいは発光観測方向の面の少なくとも一方に形成される。
- [0037] また、発光観測方向から見て、平面状に塗布された光変換部材の周辺部は、半導体発光素子の実装される支持部材に対し、熱的に接続されていることが好ましい。ここで、「熱的に接続されている」とは、各部材が直接に接合されているか、他の熱良導性材料を介して接合されていることをいい、接合されている部材間で熱が移動し易い状態をいう。これにより、発光観測面方向から見て、平面状に塗布された光変換部材の中央部付近からその周辺部の方向への放熱を効率よく行うことができ、蛍光物質からの放熱性がさらに向上するため、さらに高出力な発光装置とすることができる。
- [0038] 本形態における放熱部材は、発光素子からの光、あるいは光変換部材により波長変換された光を所定の方向に反射させるための光反射部材を有することが好ましい。よ

り詳細に説明すると、半導体発光素子からの光が照射される側から、光変換部材、光反射部材、および放熱部材の順に積層される。あるいは、放熱部材が透光性材料であるときには、半導体発光素子からの光が照射される側から、光変換部材、放熱部材、および光反射部材の順に積層されてもよい。光反射部材の材料としては、Al、Ag およびRhのような白色の金属あるいはそれらを少なくとも一種以上含む合金とされる。あるいは、これらの光反射性の高い金属材料にて放熱部材自体を形成し、光変換部材から出射する光を放熱部材にて直接反射させるようにしてもよい。

[0039] 上記光反射部材を放熱部材に直接塗布させる方法としては、メッキ、スパッタリング、スクリーン印刷等の方法とすることができる。なお、本形態における光反射部材は、放熱部材に直接塗布される形態に限定されることはなく、上述の材料により形成され、放熱部材に隣接されて配置される別の部材としてもよい。

[0040] 放熱部材は、その少なくとも一部に、半導体発光素子からの光が入射し、蛍光物質からの光が所定の方向に出射するような曲面を有することができる。曲面は、放物面、楕円面のような種々の形状の曲面とされ、半導体発光素子からの光が集光され、所定の方向に出射できるような形状とされる。

[0041] 本形態の放熱部材は、その放熱部材の外壁面に対して冷媒が導入される供給口と、放熱部材の流路を還流される冷媒が放出される排出口とを少なくとも一対有する。発光装置に供給口および排出口が形成される位置、数およびそれらの形状は、発光装置の大きさおよび形状を考慮して冷却効果が向上するように選択され、本形態に限定されない。これにより、放熱部材の中に冷媒を還流させることができる。

[0042] 光変換部材に入射される光の密度が $3\text{W}/\text{cm}^2$ 以上、また、発光装置に電流を投入させた駆動時において、光変換部材の温度が 200°C 以下、好ましくは 120°C 以下、さらに好ましくは 100°C 以下とされる。これにより、放熱性が向上された本形態にかかる発光装置は、高出力な発光装置とすることができる。以下、本形態の各構成について詳述する。

[0043] 以下、本実施の形態1の発光装置の構成について詳細に説明する。

(放熱部材)

本形態の発光装置における放熱部材は、発光素子からの光が照射される側におい

て、光変換部材、特に光変換部材に含有される蛍光物質からの放熱を促進させる部材である。また、放熱部材は、発光素子が実装される支持部材と熱的に接続され、光変換部材からの熱をその支持部材の方向に放熱させる部材である。以下、本形態における放熱部材について、より詳細に説明する。

[0044] 本形態における放熱部材とは、蛍光体を含有する光変換部材が直接あるいは他の熱良導性部材を介して載置され、蛍光体から発生する熱を発光装置の外部へ伝達させる部材である。また、本形態における放熱部材とは、蛍光体を冷却する冷媒の流路を有し、蛍光体を含有する光変換部材が載置され、蛍光体から発生する熱を光変換部材の外部へ伝達させる部材でもある。ここで、放熱部材は、発光素子が載置される支持部材に対し、熱的に接続されることが好ましい。また、光変換部材の裏面あるいは放熱部材の周辺に空冷ファン、ペルチェ素子のような固体状の熱傾斜媒体あるいは放熱ブロックを有することが好ましい。これにより、光変換部材あるいは放熱部材の熱を効率よく外部へ伝達させることができる。

[0045] 放熱部材の材料は、少なくとも発光素子からの光を透過させることのできる材料、または、発光素子からの光と光変換部材が発する光の両方の光を透過させることのできる材料からなるのが好ましい。これにより、光変換部材は、放熱部材の発光観測面側主面および発光素子からの光が照射される主面の少なくとも一方に載置することができる。なお、光変換部材は、放熱部材に直接固定される形態に限定されることなく、他の透光性部材を介して放熱部材に実装されてもよいことはいうまでもない。また、光変換部材の発光観測面側の形状は、発光装置からの光の光学特性を考慮してレンズ形状とすることもできる。あるいは、光変換部材の他に、凸レンズや凹レンズのように発光装置からの光の指向性を制御するための光学部材を備える発光装置とすることもできる。さらに、放熱部材の一部を透光性とし、その透光性の部分に蛍光体を含有させることで、光変換部材とすることもできる。また、光変換部材の中に蛍光体を冷却する冷媒の流路を形成させることもできる。

[0046] 本発明において、冷媒の流路は、発光装置の外部に対して閉鎖系、開放系を問わない。開放形の流路を有する放熱部材の一例として、例えば、銅やアルミニウム等の金属を材料とし、内部に冷媒を導通させるための流路を形成させた平板とすることが

できる。ここで、放熱部材の一部を透過性とするとき、その透光性の部分には、透光性樹脂、石英等の材料を選択する。さらに、放熱部材は、その外壁面に放熱部材内に冷媒を循環させるため、冷媒の供給口と排出口を少なくとも一対有する。放熱部材の流路は、複数の平板状とされた材料の少なくとも一方、例えば、第1の板状部材に溝、凹凸形状および上記供給口・排出口とするための貫通孔を形成し、第1の板状部材と第2の板状部材との対向する面同士を接着させることにより放熱部材とすることができる。ここで、本形態において、流路の形状は、図に示されるものに限定されないことは言うまでもない。例えば、放熱部材の材料の一部である第1の板状部材において、一方の開口部(供給口あるいは排出口)が形成された位置から、他方の開口部まで、流路が徐々に広くなり、さらに流路が徐々に狭くなるように、凹部を形成する。これにより、冷媒が流路内を円滑に循環するようにすることができる。さらに、その凹部の内壁面は、細かい溝や凹凸形状が形成されていることが好ましい。これにより、冷媒と放熱部材との接触面積を大きくし、発光装置の放熱効果を向上させることができる。

[0047] 閉鎖系の流路を有する放熱部材の一例として、例えば、銅やアルミニウム等の金属を材料とし、内部に冷媒を封入させたヒートパイプとすることができる。特に、別の形態において、放熱部材として使用することができるヒートパイプは、例えば、銅やアルミニウム等の金属材料からなる金属管の中に、水、フロン、代替フロン、フロリナート等の熱輸送用の作動液を封入したものであって、入熱部(高温部)で作動液が加熱されて蒸気となり、その蒸気が放熱部(低温側)に移動して液化することによって放熱し、その液化した作動液が毛細管現象により入熱部に戻るといった動作を繰り返すことにより、極めて高い熱伝導性を実現した熱伝達部材である。

[0048] 放熱部材の形状は、放熱される方向や放熱効果を考慮して種々の形状および大きさとすることができる。例えば、光変換部材が載置される面に対向する流路の内壁面に凹凸形状を形成する。これにより、上記内壁面と冷媒との接触面積は、凹凸形状を形成しないときと比較して大きくなるため、光変換部材からの放熱性が向上する。また、開口部を有するように格子状にされた放熱部材は、平板状の放熱部材の材料に対し、複数の貫通孔をマトリックス状に配列させて形成したものとすることができる。ある

いは、複数の細線を格子状に編むことによって、形成することもできる。

- [0049] 平板状とされた放熱部材は、放熱部材を形成する板材の熱伝導率を $C[W/mK]$ としたとき、光変換部材に対向する面と流路の内壁面との最短距離 $d[mm]$ は、以下の関係式を満たすことが好ましい。

$$0.05 < d < (C/800) \cdots (式1)$$

例えば、無酸素銅を材料として放熱部材を形成するとき、 $d[mm]$ は、以下の範囲とすることが好ましい。

$$0.05 < d < 0.5 \cdots (式2)$$

また、アルミナや窒化アルミニウムのようなセラミックスを材料として放熱部材を形成するとき、 $d[mm]$ は、以下の範囲とすることが好ましい。

$$0.05 < d < 0.25 \cdots (式3)$$

ここで、 d の値を上限値より大きくすると、放熱部材の熱抵抗が大きくなり、隣接する発光素子同士の熱干渉が顕著に現れてしまうため、発光素子を高密度に実装することができなくなる。また、 d の値を下限値より小さくすると、放熱部材の板材を加工することが容易でなくなる。

[0050] (支持部材)

本形態における支持部材とは、発光素子が載置され、該発光素子に電力を供給する導体配線が施され、他の構成部材の支持体となり、発光装置の機械的強度を維持するためのものである。支持部材は、放熱性、発光装置の出力などを考慮して種々の大きさに形成させ、発光装置の形状に合わせて種々の形状とされる。また、支持部材は、光の配光特性を制御するため、その一部にリフレクタを有していてもよい。

- [0051] 支持部材は、例えば、内壁面がテーパー状の凹部を形成し、その内壁面を実装される発光素子に対向させ、発光素子からの光を発光観測面方向に反射させる傾壁としてもよい。また、その傾壁に、発光素子からの光を好適に反射させる反射層を形成してもよい。支持部材は、発光素子から放出された熱を放熱部材側に効率よく放熱させるため熱伝導性がよいことが好ましい。このような熱伝導性のよい材料の例としては、セラミックス、銅、アルミニウムやりん青銅板が単独で用いられる他、それらの表面に銀、パラジウム或いは銀、金などの金属メッキや半田メッキなどを施したものが好適

に用いられる。

[0052] (半導体発光素子)

本形態における半導体発光素子は、蛍光体を励起することができる波長の光を発するレーザダイオードや発光ダイオードである。特に、半導体発光素子は、蛍光体を効率よく励起することができる特定の発光波長を発光する発光層を有することが好ましい。

[0053] 半導体発光素子の材料として、BN、SiC、ZnSeやGaN、InGaN、InAlGa_N、AlGa_N、BAlGa_N、BInAlGa_Nなど種々の半導体を挙げることができる。同様に、これらの元素に不純物元素としてSiやZnなどを含有させ発光中心とすることもできる。蛍光体を効率良く励起できる紫外領域から可視光の短波長を効率よく発光することが可能な発光層の材料として特に、窒化物半導体(例えば、AlやGaを含む窒化物半導体、InやGaを含む窒化物半導体として $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$)が挙げられる。またこれに加えて、III族元素としてBを用いることもでき、V族元素としてNの一部をP、Asで置換することもできる。半導体の構造としては、MIS接合、PIN接合やpn接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

[0054] 前記窒化物半導体の成長方法としては、特に限定されないが、MOVPE(有機金属気相成長法)、MOCVD(有機金属化学気相成長法)、HVPE(ハイドライド気相成長法)、MBE(分子線エピタキシー法)など、窒化物半導体の成長方法として知られている全ての方法を好適に用いることができる。特に、MOCVDは結晶性良く成長させることができるので好ましい。

[0055] 窒化物半導体を使用した場合、半導体用基板にはサファイヤ、スピネル、SiC、Si、ZnO等の材料が好適に用いられる。結晶性の良い窒化物半導体を量産性よく形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイヤ基板上にMOCVD法などを用いて窒化物半導体を形成させることができる。サファイヤ基板上にGa_N、Al_N、GaAl_N等のバッファ層を形成し、その上にpn接合を有する窒化物半

導体を形成させる。

- [0056] 窒化物半導体を使用したpn接合を有する発光素子の例として、バッファ層上に、n型窒化ガリウムで形成した第1のコンタクト層、n型窒化アルミニウム・ガリウムで形成させた第1のクラッド層、窒化インジウム・ガリウムで形成した活性層、p型窒化アルミニウム・ガリウムで形成した第2のクラッド層、p型窒化ガリウムで形成した第2のコンタクト層を順に積層させたダブルヘテロ構成などが挙げられる。
- [0057] 窒化物半導体は、不純物をドーピングしない状態でn型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のn型窒化物半導体を形成させる場合は、n型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C等を適宜導入することが好ましい。一方、p型窒化物半導体を形成させる場合は、p型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーピングさせる。窒化物半導体は、p型ドーパントをドーピングしただけではp型化しにくいためp型ドーパント導入後に、炉による加熱やプラズマ照射等により低抵抗化させることが好ましい。
- [0058] p型半導体には、発光素子に投入された電流をp型半導体の全領域に広げるための拡散電極が設けられる。さらに、拡散電極およびn型半導体には、バンプや導電性ワイヤのような導電部材と接続するp側台座電極およびn側台座電極がそれぞれ設けられる。
- [0059] 半導体発光素子のp側およびn側台座電極は、導電性ワイヤにより絶縁性部材に配される導電性部材や放熱部材と電気的に接続される。あるいは、半導体発光素子は、半田、バンプによりフリップチップ実装され、支持部材や放熱部材と電気的に接続される。
- [0060] 窒化物半導体層の電極形成面を光取り出し面とする構成にしても良いし、窒化物半導体層を積層した基板側を光取り出し面としても良い。窒化物半導体層を積層した基板側を光取り出し面とする場合、窒化物半導体素子の電極を形成した面を除いて保護膜を形成し、窒化物半導体層の上に形成された電極と外部電極等とをメタライズ層(バンプ)によって接続するフェイスダウン構造とすることが好ましい。基板側を光取り出し面とすることで光取り出し効率が向上する。
- [0061] 本発明における窒化物半導体素子は、支持基板上に導電層とp電極を介してp型窒化物半導体層、活性層、n型窒化物半導体層を有し、その上にn電極を形成した

構成とすることもできる。該窒化物半導体素子はp電極とn電極が窒化物半導体層を挟んで向かい合う対向電極構造とするものである。この場合には、前記窒化物半導体素子は、n電極側が光取り出し面となる。窒化物半導体(特にGaN系半導体)はn型層の抵抗が低いため、n電極のサイズを小さくできる。光の取り出し効率の向上はn電極を小さくすることで光を遮る領域を低減できるからである。

[0062] また、別の形態に係る半導体発光素子は、窒化物半導体層のみからなるものであって、半導体層の上面と下面に対向電極が形成されている。このような対向電極を有する半導体発光素子は、一方の電極が本形態にかかる放熱部材に対向するように、導電性接着剤を介して固定される。本形態にかかる絶縁性部材は、支持部材との対向面から凹部内にかけて導電性部材が被着されている。したがって、発光素子の一方の電極は、放熱部材と電氣的に接続し、他方の電極は、上記導電性部材に対し導電性ワイヤを介して接続される。導電性接着剤の材料として、例えば、銀ペースト、Au-SnやAg-Snのような共晶材が挙げられる。

[0063] 以下、このような対向電極構造を有する半導体発光素子の形成方法を説明する。まずn型窒化物半導体層およびp型窒化物半導体層を上述の半導体素子と同様にし、積層後、第1の電極であるp電極とp電極以外のp型窒化物半導体層上に絶縁膜を形成する。他方、この半導体層に貼り合わせる支持基板を準備する。支持基板の具体的な材料としては、Cu-W、Cu-Mo、AlN、Si、SiC等である。貼り合わせ面には密着層、バリア層、共晶層を備えた構造が好ましい。例えばTi-Pt-Au、又はTi-Pt-AuSn等の金属膜を形成する。このような金属膜は共晶により合金化され、後工程で導通層となる。

[0064] 次に支持基板の金属膜を形成した面と窒化物半導体層の表面とを向かい合わせて、プレスをしながらか熱を加え合金化した後、異種基板側からエキシマレーザを照射するか、又は研削により異種基板を取り除く。その後、窒化物半導体素子を形成するためRIE等で外周エッチングを行い、外周の窒化物半導体層を除去した状態の窒化物半導体素子とする。また、光の取りだし効果を向上させるために窒化物半導体の露出面をRIE等で凹凸(ディンプル加工)を施してもよい。凹凸の断面形状はメサ型、逆メサ型があり、平面形状は、島形状、格子状、矩形状、円状、多角形状などがあ

る。次に、第2の電極であるn電極を前記窒化物半導体層の露出面に形成する。電極材料としては、Ti/Al/Ni/Au、W/Al/WPt/Auなどが挙げられる。

[0065] (光変換部材)

本願発明に利用可能な蛍光体は、発光素子から放出される可視光や紫外光の一部を吸収し、その吸収した光の波長と異なる波長を有する光を発光するものである。特に、本形態に用いられる蛍光体は、少なくとも半導体発光素子から発光された光によって励起され、波長変換した光を発する蛍光体をいい、該蛍光体を固着させる結着剤とともに光変換部材を構成する。ここで、結着剤としては、例えば、エポキシ樹脂のような透光性樹脂や、耐光性の高いシリコン樹脂や金属アルコキシドを出発原料としてゾルゲル法により生成される透光性無機材料とすることもできる。また、光変換部材の放熱部材への塗布方法としては、スクリーン印刷、インクジェット塗布、ポッティング、孔版印刷等種々の形成方法とすることができる。また、蛍光体は、透光性とされた放熱部材に含有させることもできる。以下、本形態の光変換部材に含有させることができる蛍光体について詳述する。

[0066] <アルミニウム・ガーネット系蛍光体>

本実施の形態に用いられるアルミニウム・ガーネット系蛍光体とは、Alを含み、かつY、Lu、Sc、La、Gd、Tb、Eu及びSmから選択された少なくとも一つの元素と、Ga及びInから選択された一つの元素とを含み、希土類元素から選択された少なくとも一つの元素で付活された蛍光体であり、LEDチップから発光された可視光や紫外線で励起されて発光する蛍光体である。

[0067] 例えば、 $\text{YAlO}_3:\text{Ce}$ 、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 、 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9:\text{Ce}$ 、 $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 、 $\text{Y}_3(\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.2})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 、 $\text{Tb}_{2.95}\text{Ce}_{0.05}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{2.90}\text{Ce}_{0.05}\text{Tb}_{0.05}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{2.94}\text{Ce}_{0.05}\text{Pr}_{0.01}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_{2.90}\text{Ce}_{0.05}\text{Pr}_{0.05}\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 等が挙げられる。さらに、本実施の形態において、特にYを含み、かつCeあるいはPrで付活され組成の異なる二種類以上のイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体(イットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体(以下、「YAG系蛍光体」ともいう。))が利用される。特に、高輝度且つ長時間の使用時においては $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 1$ 、但し、Reは、Y、Gd、Laからなる群より選択される少なくとも一種の元素である。)などが好まし

い。

[0068] $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起スペクトルのピークが470nm付近などにさせることができる。また、発光ピークも530nm付近にあり720nmまで裾を引くブロードな発光スペクトルを持たせることができる。

[0069] 本発明の発光装置において、蛍光体は、2種類以上の蛍光体を混合させてもよい。即ち、上述したYAG系蛍光体について言えば、Al、Ga、Y、La及びGdやSmの含有量が異なる2種類以上の $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 蛍光体を混合させてRGBの波長成分を増やすことができる。また、現在のところ半導体発光素子の発光波長には、バラツキが生ずるものがあるため2種類以上の蛍光体を混合調整させて所望の白色系の混色光などを得ることができる。具体的には、発光素子の発光波長に合わせて色度点の異なる蛍光体の量を調整し含有させることでその蛍光体間と発光素子で結ばれる色度図上の任意の点を発光させることができる。

[0070] 発光層に窒化物系化合物半導体を用いた発光素子から発光した青色系の光と、青色光を吸収させるためボディーカラーが黄色である蛍光体から発光する緑色系の光と、赤色系の光とを混色表示させると所望の白色系発光色表示を行うことができる。発光装置はこの混色を起こさせるために蛍光体の粉体やバルクをエポキシ樹脂、アクリル樹脂或いはシリコーン樹脂などの各種樹脂や酸化珪素、酸化アルミニウムなどの透光性無機物中に含有させることもできる。このように蛍光体が含有されたものは、発光素子からの光が透過する程度に薄く形成させたドット状のものや層状ものなど用途に応じて種々用いることができる。蛍光体と透光性無機物との比率や塗布、充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

[0071] また、2種類以上の蛍光体をそれぞれ発光素子からの入射光に対して順に配置させることによって効率よく発光可能な発光装置とすることができる。即ち、反射部材を有する発光素子上には、長波長側に吸収波長があり長波長に発光可能な蛍光体が含有された色変換部材と、それよりも長波長側に吸収波長がありより長波長に発光可能な色変換部材とを積層などさせることで反射光を有効利用することができる。

- [0072] YAG系蛍光体を使用すると、放射照度として $(E_e) = 0.1 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以上 $1000 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以下の発光素子と接する或いは近接して配置された場合においても高効率に十分な耐光性を有する発光装置とすることができる。
- [0073] 本実施の形態に用いられるセリウムで付活された緑色系が発光可能なYAG系蛍光体では、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起吸収スペクトルのピーク波長が420nmから470nm付近にさせることができる。また、発光ピーク波長 λ_p も510nm付近にあり700nm付近まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。一方、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体である赤色系が発光可能なYAG系蛍光体でも、ガーネット構造であり熱、光及び水分に強く、励起吸収スペクトルのピーク波長が420nmから470nm付近にさせることができる。また、発光ピーク波長 λ_p が600nm付近にあり750nm付近まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。
- [0074] ガーネット構造を持ったYAG系蛍光体の組成の内、Alの一部をGaで置換することで発光スペクトルが短波長側にシフトし、また組成のYの一部をGd及び／又はLaで置換することで、発光スペクトルが長波長側へシフトする。このように組成を変化することで発光色を連続的に調節することが可能である。したがって、長波長側の強度がGdの組成比で連続的に変えられるなど窒化物半導体の青色系発光を利用して白色系発光に変換するための理想条件を備えている。Yの置換が2割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少なくなり、8割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急激に低下する。また、励起吸収スペクトルについても同様に、ガーネット構造を持ったYAG系蛍光体の組成の内、Alの一部をGaで置換することで励起吸収スペクトルが短波長側にシフトし、また組成のYの一部をGd及び／又はLaで置換することで、励起吸収スペクトルが長波長側へシフトする。YAG系蛍光体の励起吸収スペクトルのピーク波長は、発光素子の発光スペクトルのピーク波長より短波長側にあることが好ましい。このように構成すると、発光素子に投入する電流を増加させた場合、励起吸収スペクトルのピーク波長は、発光素子の発光スペクトルのピーク波長にほぼ一致するため、蛍光体の励起効率を低下させることなく、色度ズレの発生を抑えた発光装置を形成することができる。

[0075] アルミニウム・ガーネット系蛍光体は、以下のような方法で製造することができる。まず、蛍光体は、Y、Gd、Ce、La、Al、Sm、Pr、Tb及びGaの原料として酸化物、又は高温で容易に酸化物になる化合物を使用し、それらを化学量論比で十分に混合して原料を得る。又は、Y、Gd、Ce、La、Sm、Pr、Tbの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を蔭酸で共沈したものを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウム、酸化ガリウムとを混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウム等のフッ化物を適量混合して坩堝に詰め、空气中1350〜1450° Cの温度範囲で2〜5時間焼成して焼成品を得、次に焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通すことで得ることができる。また、別の実施の形態の蛍光体の製造方法では、蛍光体の原料を混合した混合原料とフラックスからなる混合物を、大気中又は弱還元雰囲気中にて行う第一焼成工程と、還元雰囲気中にて行う第二焼成工程とからなる、二段階で焼成することが好ましい。ここで、弱還元雰囲気とは、混合原料から所望の蛍光体を形成する反応過程において必要な酸素量は少なくとも含むように設定された弱い還元雰囲気のことをいい、この弱還元雰囲気中において所望とする蛍光体の構造形成が完了するまで第一焼成工程を行うことにより、蛍光体の黒変を防止し、かつ光の吸収効率の低下を防止できる。また、第二焼成工程における還元雰囲気とは、弱還元雰囲気より強い還元雰囲気をいう。このように二段階で焼成すると、励起波長の吸収効率の高い蛍光体を得られる。従って、このように形成された蛍光体にて発光装置を形成した場合に、所望とする色調を得るために必要な蛍光体量を減らすことができ、光取り出し効率の高い発光装置を形成することができる。

[0076] 組成の異なる2種類以上のセリウムで付活されたアルミニウム・ガーネット系蛍光体は、混合させて用いても良いし、それぞれ独立して配置させても良い。蛍光体をそれぞれ独立して配置させる場合、発光素子から光をより短波長側で吸収発光しやすい蛍光体、それよりも長波長側で吸収発光しやすい蛍光体の順に配置させることが好ましい。これによって効率よく吸収及び発光させることができる。

[0077] 本実施の形態において使用される蛍光体は、イットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体やルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体に代表されるアルミニウム・ガ

一ネット系蛍光体と、赤色系の光を発光可能な蛍光体、特に窒化物系蛍光体とを組み合わせたものを使用することもできる。これらのYAG系蛍光体および窒化物系蛍光体は、混合して光変換部材中に含有させてもよいし、複数の層から構成される光変換部材中に別々に含有させてもよい。以下、それぞれの蛍光体について詳細に説明していく。

[0078] <ルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体>

ルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体とは、一般式 $(\text{Lu}_{1-a-b} \text{R}_a \text{M}_b)(\text{Al}_{1-c} \text{Ga}_c)_5 \text{O}_{12}$ (但し、RはCeを必須とする少なくとも1種以上の希土類元素である。MはSc、Y、La、Gdから選択される少なくとも1種の元素であり、 $0.0001 \leq a \leq 0.5$ 、 $0 \leq b \leq 0.5$ 、 $0.0001 \leq a+b < 1$ 、 $0 \leq c \leq 0.8$ である。)で表される蛍光体である。例えば、組成式が $(\text{Lu}_{0.99} \text{Ce}_{0.01})_3 (\text{Al}_{0.9} \text{Ga}_{0.1})_5 \text{O}_{12}$ 、 $(\text{Lu}_{0.90} \text{Ce}_{0.10})_3 (\text{Al}_{0.9} \text{Ga}_{0.1})_5 \text{O}_{12}$ 、 $(\text{Lu}_{0.99} \text{Ce}_{0.01})_3 (\text{Al}_{0.5} \text{Ga}_{0.5})_5 \text{O}_{12}$ で表される蛍光体である。

[0079] ルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体(以下、「LAG系蛍光体」ともいう。)

は、次のようにして得られる。蛍光体原料として、ルテチウム化合物、希土類元素Rの化合物、希土類元素Mの化合物、アルミニウム化合物及びガリウム化合物を用い、各化合物について上記一般式の割合になるように秤取し、混合するか、又はこれら蛍光体原料にフラックスを加えて混合し、原料混合物を得る。この原料混合物をルツボに充填後、還元性雰囲気中、1200〜1600℃で焼成し、冷却後、分散処理することにより、上記一般式で表される本発明の蛍光体を得る。

[0080] 蛍光体原料として、酸化物又は熱分解により酸化物となる炭酸塩、水酸化物等の化合物が好ましく用いられる。また、蛍光体原料として、蛍光体を構成する各金属元素を全部又は一部含む共沈物を用いることもできる。例えば、これらの元素を含む水溶液にアルカリ、炭酸塩等の水溶液を加えると共沈物を得られるが、これを乾燥又は熱分解して用いることができる。また、フラックスとしてはフッ化物、ホウ酸塩等が好ましく、蛍光体原料100重量部に対し0.01〜1.0重量部の範囲で添加する。焼成雰囲気は、付活剤のセリウムが酸化されない還元性雰囲気が好ましい。水素濃度が3.0体積%以下の水素・窒素の混合ガス雰囲気がより好ましい。焼成温度は1200〜1600℃が好ましく、目的の中心粒径の蛍光体を得ることができる。より好ましくは130

0～1500℃である。

- [0081] 上記一般式において、Rは付活剤であり、Ceを必須とする少なくとも1種以上の希土類元素であって、具体的には、Ce、La、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luである。RはCeのみでもよいが、CeとCe以外の希土類元素から選ばれる少なくとも1種以上の元素とを含んでいてもよい。Ce以外の希土類元素は、共付活剤として作用するためである。ここで、Rには、CeがR全量に対し70mol%以上含有されていることが好ましい。a値(R量)は、 $0.0001 \leq a \leq 0.5$ が好ましく、0.0001未満では発光輝度が低下し、0.5を越えても濃度消光によって発光輝度が低下する。より好ましくは、 $0.001 \leq a \leq 0.4$ 、さらに好ましくは、 $0.005 \leq a \leq 0.2$ である。b値(M量)は、 $0 \leq b \leq 0.5$ が好ましく、より好ましくは $0 \leq b \leq 0.4$ であり、さらに好ましくは $0 \leq b \leq 0.3$ である。例えば、MがYの場合、b値が0.5を越えると長波長紫外線～短波長可視光、特に360～410nm励起による発光輝度が非常に低下してしまう。c値(Ga量)は、 $0 \leq c \leq 0.8$ が好ましく、より好ましくは $0 \leq c \leq 0.5$ であり、さらに好ましくは $0 \leq c \leq 0.3$ である。c値が0.8を越えると発光波長は短波長にシフトし、発光輝度が低下する。
- [0082] LAG系蛍光体の中心粒径は1～100 μm の範囲が好ましく、より好ましくは5～50 μm の範囲であり、さらに好ましくは5～15 μm の範囲である。1 μm より小さい蛍光体は、凝集体を形成しやすい傾向にある。これに対し、5～50 μm の粒径範囲の蛍光体は、光の吸収率及び変換効率がよく、光変換部材も形成しやすい。このように、光学的に優れた特徴を有する粒径の大きな蛍光体を含有させることにより、発光装置の量産性も向上する。また、上記中心粒径値を有する蛍光体が頻度高く含有されていることが好ましく、頻度値は20%～50%が好ましい。このように粒径のバラツキが小さい蛍光体を用いることにより、より色ムラが抑制され良好な色調を有する発光装置が得られる。
- [0083] ルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体は300nm～550nmの波長域の紫外線又は可視光により効率よく励起され発光することから、光変換部材に含有される蛍光体として有効に利用することができる。さらに、組成式の異なる複数種のLAG系蛍光体、又はLAG系蛍光体を他の蛍光体とともに用いることにより、発光装置の発

光色を種々変化させることができる。半導体発光素子からの青色系の発光と、該発光を吸収し黄色系の発光する蛍光体からの発光との混色により、白色系の混色光を発光する従来の発光装置は、発光素子からの光の一部を透過させて利用するため、構造自体を簡略化できると共に出力向上を行いやすいという利点がある。その一方、上記発光装置は、2色の混色による発光であるため、演色性が十分でなく、改良が求められている。そこで、LAG系蛍光体を利用して白色系の混色光を発する発光装置は、従来の発光装置と比較してその演色性を向上させることができる。また、LAG系蛍光体は、YAG系蛍光体と比較して温度特性に優れるため、劣化、色ずれの少ない発光装置を得ることができる。

[0084] <窒化物系蛍光体>

本発明で使用する蛍光体は、Nを含み、かつBe、Mg、Ca、Sr、Ba、及びZnから選択された少なくとも一つの元素と、C、Si、Ge、Sn、Ti、Zr、及びHfから選択された少なくとも一つの元素とを含み、希土類元素から選択された少なくとも一つの元素で付活された窒化物系蛍光体もしようすることができる。また、本実施の形態に用いられる窒化物系蛍光体としては、LEDチップから発光された可視光、紫外線、及びYAG系蛍光体からの発光を吸収することによって励起され発光する蛍光体をいう。例えば、 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Ba}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Mg}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Zn}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{SrSi}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{BaSi}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Ce}$, $\text{MgSi}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Ce}$, $\text{ZnSi}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Ce}$, $\text{Sr}_2\text{Ge}_5\text{N}_8:\text{Eu, Ce}$, $\text{Ba}_2\text{Ge}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Mg}_2\text{Ge}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Zn}_2\text{Ge}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{SrGe}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Ce}$, $\text{BaGe}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{MgGe}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{ZnGe}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Ce}$, $\text{Sr}_{1.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Ba}_{1.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Ce}$, $\text{Mg}_{1.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Pr}$, $\text{Zn}_{1.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu, Ce}$, $\text{Sr}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, La}$, $\text{Ba}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, La}$, $\text{Mg}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Nd}$, $\text{Zn}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Nd}$, $\text{Sr}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Ge}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Tb}$, $\text{Ba}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Ge}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Tb}$, $\text{Mg}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Ge}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{Zn}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Ge}_7\text{N}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{Sr}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_6\text{GeN}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{Ba}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_6\text{GeN}_{10}:\text{Eu, Pr}$, $\text{Mg}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_6\text{GeN}_{10}:\text{Eu, Y}$, $\text{Zn}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Si}_6\text{GeN}_{10}:\text{Eu, Y}$, $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Pr}$, $\text{Ba}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Pr}$, $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Tb}$, $\text{BaGe}_7\text{N}_{10}:\text{Ce}$ などが挙げられるがこれに限定されない。窒化物系蛍光体に含有される希土類元素は、Y、La、Ce、Pr、Nd、Gd、Tb、Dy、Ho

、Er、Luのうち少なくとも1種以上が含有されていることが好ましいが、Sc、Sm、Tm、Ybが含有されていてもよい。これらの希土類元素は、単体の他、酸化物、イミド、アミド等の状態で原料中に混合する。Mnを用いると粒径を大きくすることができ、発光輝度の向上を図ることができる。

[0085] 特に本蛍光体は、Mnが添加されたSr—Ca—Si—N:Eu、Ca—Si—N:Eu、Sr—Si—N:Eu、Sr—Ca—Si—O—N:Eu、Ca—Si—O—N:Eu、Sr—Si—O—N:Eu系シリコンナイトライドである。この蛍光体の基本構成元素は、一般式 $L_x Si_x N_{(2/3x+4/3y)} : Eu$ 若しくは $L_x Si_x O_z N_{(2/3x+4/3y-2/3z)} : Eu$ (Lは、Sr、Ca、SrとCaのいずれか。)で表される。一般式中、X及びYは、X=2、Y=5又は、X=1、Y=7であることが好ましいが、任意のものも使用できる。具体的には、基本構成元素は、Mnが添加された $(Sr_x Ca_{1-x})_2 Si_5 N_8 : Eu$ 、 $Sr_2 Si_5 N_8 : Eu$ 、 $Ca_2 Si_5 N_8 : Eu$ 、 $Sr_x Ca_{1-x} Si_7 N_{10} : Eu$ 、 $SrSi_7 N_{10} : Eu$ 、 $CaSi_7 N_{10} : Eu$ で表される蛍光体を使用することが好ましいが、この蛍光体の組成中には、Mg、Sr、Ca、Ba、Zn、B、Al、Cu、Mn、Cr及びNiからなる群より選ばれる少なくとも1種以上が含有されていてもよい。Lは、Sr、Ca、SrとCaのいずれかである。SrとCaは、所望により配合比を変えることができる。蛍光体の組成にSiを用いることにより安価で結晶性の良好な蛍光体を提供することができる。

[0086] 本蛍光体は、母体のアルカリ土類金属系窒化ケイ素に対して、 Eu^{2+} を付活剤として用いる。添加物であるMnは、 Eu^{2+} の拡散を促進し、発光輝度、エネルギー効率、量子効率等の発光効率の向上を図る。Mnは、原料中に含有させるか、又は、製造工程中にMn単体若しくはMn化合物を含有させ、原料と共に焼成する。

[0087] 蛍光体には、基本構成元素中に、若しくは、基本構成元素とともに、Mg、Ga、In、Li、Na、K、Re、Mo、Fe、Sr、Ca、Ba、Zn、B、Al、Cu、Mn、Cr、O及びNiからなる群より選ばれる少なくとも1種以上を含有する。これらの元素は、粒径を大きくしたり、発光輝度を高めたりする等の作用を有している。また、B、Al、Mg、Cr及びNiは、残光を抑えることができるという作用を有している。

[0088] このような窒化物系蛍光体は、発光素子によって発光された光の一部を吸収して黄から赤色領域の光を発光する。窒化物系蛍光体をYAG系蛍光体と共に使用して、発光素子により発光された光と、窒化物系蛍光体による黄色から赤色光とが混色に

より暖色系の白色系の混色光を発光する発光装置を提供する。窒化物系蛍光体の他に加える蛍光体には、アルミニウム・ガーネット系蛍光体が含有されていることが好ましい。アルミニウム・ガーネット系蛍光体を含有することにより、所望の色度に調節することができるからである。例えば、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質は、発光素子光の一部を吸収して黄色領域の光を発光する。ここで、発光素子により発光された光と、イットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質の黄色光とが混色により白色系の混色光を発する。従って、このイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質と赤色発光する蛍光体とを、透光性を有する光変換部材中に一緒に混合し、発光素子により発光された青色光、あるいは蛍光体により波長変換された青色光とを組み合わせることにより白色系の光を発光する発光装置を提供することができる。特に好ましいのは、色度が色度図における黒体放射の軌跡上に位置する白色系の発光装置である。但し、所望の色温度の発光装置を提供するため、イットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質の蛍光体量と、赤色発光の蛍光体量を適宜変更することもできる。この白色系の混色光を発光する発光装置は、特殊演色評価数R9の改善を図っている。従来の青色発光素子とセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質との組合せのみの白色系発光装置は、色温度 $T_{cp}=4600K$ 付近において特殊演色評価数R9がほぼ0に近く、赤み成分が不足していた。そのため特殊演色評価数R9を高めることが解決課題となっていたが、本発明において赤色発光の蛍光体をイットリウム・アルミニウム酸化物蛍光物質と共に用いることにより、色温度 $T_{cp}=4600K$ 付近において特殊演色評価数R9を40付近まで高めることができる。

[0089] 次に、本発明に係る蛍光体 $((Sr_xCa_{1-x})_2Si_5N_8:Eu)$ の製造方法を説明するが、本製造方法に限定されない。上記蛍光体には、Mn、Oが含有されている。

[0090] 原料のSr、Caは、単体を使用することが好ましいが、イミド化合物、アミド化合物などの化合物を使用することもできる。また原料Sr、Caには、B、Al、Cu、Mg、Mn、MnO、 Mn_2O_3 、 Al_2O_3 などを含有するものでもよい。原料のSr、Caは、アルゴン雰囲気中、グローブボックス内で粉砕を行う。粉砕により得られたSr、Caは、平均粒径が約 $0.1\mu m$ から $15\mu m$ であることが好ましいが、この範囲に限定されない。より混合

状態を良くするため、金属Ca、金属Sr、金属Euのうち少なくとも1以上を合金状態としたのち、窒化し、粉碎後、原料として用いることもできる。

- [0091] 原料のSiは、単体を使用することが好ましいが、窒化物化合物、イミド化合物、アミド化合物などを使用することもできる。例えば、 Si_3N_4 、 $\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ 、 Mg_2Si などである。原料のSiの純度は、3N以上のものが好ましいが、 Al_2O_3 、Mg、金属ホウ化物(Co_3B 、 Ni_3B 、 CrB)、酸化マンガン、 H_3BO_3 、 B_2O_3 、 Cu_2O 、 CuO などの化合物が含有されていてもよい。Siも、原料のSr、Caと同様に、アルゴン雰囲気中、若しくは、窒素雰囲気中、グローブボックス内で粉碎を行う。Si化合物の平均粒径は、約0.1 μm から15 μm であることが好ましい。
- [0092] 次に、Sr、Caを、窒素雰囲気中で窒化する。Sr、Caは、混合して窒化しても良いし、それぞれ個々に窒化しても良い。これにより、Sr、Caの窒化物を得ることができる。また、原料のSiを、窒素雰囲気中で窒化する。これにより、窒化ケイ素を得る。
- [0093] Sr、Ca若しくはSr-Caの窒化物を粉碎する。Sr、Ca、Sr-Caの窒化物を、アルゴン雰囲気中、若しくは、窒素雰囲気中、グローブボックス内で粉碎を行う。同様に、Siの窒化物を粉碎する。また、同様に、Euの化合物 Eu_2O_3 を粉碎する。Euの化合物として、酸化ユウロピウムを使用するが、金属ユウロピウム、窒化ユウロピウムなども使用可能である。このほか、原料のZは、イミド化合物、アミド化合物を用いることもできる。酸化ユウロピウムは、高純度のものが好ましいが、市販のものも使用することができる。粉碎後のアルカリ土類金属の窒化物、窒化ケイ素及び酸化ユウロピウムの平均粒径は、約0.1 μm から15 μm であることが好ましい。
- [0094] 上記原料中には、Mg、Sr、Ca、Ba、Zn、B、Al、Cu、Mn、Cr、O及びNiからなる群より選ばれる少なくとも1種以上が含有されていてもよい。また、Mg、Zn、B等の上記元素を以下の混合工程において、配合量を調節して混合することもできる。これらの化合物は、単独で原料中に添加することもできるが、通常、化合物の形態で添加される。この種の化合物には、 H_3BO_3 、 Cu_2O 、 MgCl_2 、 $\text{MgO} \cdot \text{CaO}$ 、 Al_2O_3 、金属ホウ化物(CrB 、 Mg_3B_2 、 AlB_2 、 MnB)、 B_2O_3 、 Cu_2O 、 CuO などがある。
- [0095] 上記粉碎を行った後、Sr、Ca、Sr-Caの窒化物、Siの窒化物、Euの化合物 Eu_2O_3 を混合し、Mnを添加する。これらの混合物は、酸化されやすいため、Ar雰囲気中、

又は、窒素雰囲気中、グローブボックス内で、混合を行う。

[0096] 最後に、Sr、Ca、Sr-Caの窒化物、Siの窒化物、Euの化合物 Eu_2O_3 の混合物をアンモニア雰囲気中で、焼成する。焼成により、Mnが添加された $(\text{Sr}_x\text{Ca}_{1-x})_2\text{SiN}_8$:Euで表される蛍光体を得ることができる。ただし、各原料の配合比率を変更することにより、目的とする蛍光体の組成を変更することができる。

[0097] 焼成は、管状炉、小型炉、高周波炉、メタル炉などを使用することができる。焼成温度は、1200から1700℃の範囲で焼成を行うことができるが、1400から1700℃の焼成温度が好ましい。焼成は、徐々に昇温を行い1200から1500℃で数時間焼成を行う一段階焼成を使用することが好ましいが、800から1000℃で一段階目の焼成を行い、徐々に加熱して1200から1500℃で二段階目の焼成を行う二段階焼成(多段階焼成)を使用することもできる。蛍光体の原料は、窒化ホウ素(BN)材質のるつぼ、ボートを用いて焼成を行うことが好ましい。窒化ホウ素材質のるつぼの他に、アルミナ(Al_2O_3)材質のるつぼを使用することもできる。

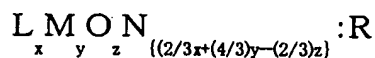
[0098] 以上の製造方法を使用することにより、目的とする蛍光体を得ることが可能である。本発明の実施例において、赤味を帯びた光を発光する蛍光体として、特に窒化物系蛍光体を使用するが、本発明においては、上述したYAG系蛍光体と赤色系の光を発光可能な蛍光体とを備える発光装置とすることも可能である。このような赤色系の光を発光可能な蛍光体は、波長が400〜600nmの光によって励起されて発光する蛍光体であり、例えば、 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $\text{CaS}:\text{Eu}$ 、 $\text{SrS}:\text{Eu}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、 $\text{ZnCdS}:\text{Ag}$ 、 Al 、 $\text{ZnCdS}:\text{Cu}$ 、 Al 等が挙げられる。このようにYAG系蛍光体とともに赤色系の光を発光可能な蛍光体を使用することにより発光装置の演色性を向上させることが可能である。

[0099] 以上のようにして形成されるアルミニウム・ガーネット系蛍光体、および窒化物系蛍光体に代表される赤色系の光を発光可能な蛍光体は、発光素子の周辺において一層からなる光変換部材中に二種類以上存在してもよいし、二層からなる光変換部材中にそれぞれ一種類あるいは二種類以上存在してもよい。このような構成にすると、異なる種類の蛍光体からの光の混色による混色光が得られる。この場合、各蛍光物質から発光される光をより良く混色しかつ色ムラを減少させるために、各蛍光体の平

均粒径及び形状は類似していることが好ましい。また、窒化物系蛍光体は、YAG系蛍光体により波長変換された光の一部を吸収してしまうことを考慮して、窒化系蛍光体がYAG系蛍光体より発光素子に近い位置に配置されるように光変換部材を形成することが好ましい。このように構成することによって、YAG蛍光体により波長変換された光の一部が窒化物系蛍光体に吸収されてしまうことがなくなり、YAG系蛍光体と窒化物系蛍光体とを混合して含有させた場合と比較して、混色光の演色性を向上させることができる。

[0100] <酸窒化物系蛍光体>

上述の蛍光物質の他、本形態における蛍光物質には、さらに下記の一般式で表される酸窒化物蛍光体を含有させることができる。



ただし、LはBe、Mg、Ca、Sr、Ba、Znからなる群より選択される少なくとも1種の元素を有し、MはC、Si、Ge、Sn、Ti、Zr、Hfからなる群より選択される少なくとも1種の元素を有する。また、Nは窒素で、Oは酸素、Rは希土類元素である。x、y、zは以下の数値を満足する。

$$x=2, 4, 5 \leq y \leq 6, 0.01 < z < 1.5$$

$$\text{または } x=1, 6.5 \leq y \leq 7.5, 0.01 < z < 1.5$$

$$\text{または } x=1, 1.5 \leq y \leq 2.5, 1.5 \leq z \leq 2.5$$

以下、酸窒化物蛍光体の製造方法を説明するが、本製造方法に限定されないことはいうまでもない。まず、所定配合比となるように、Lの窒化物、Mの窒化物および酸化物、希土類元素の酸化物を原料として混合する。各原料の配合比率を変更することにより、目的とする蛍光体の組成を変更することができる。

[0101] 次に、上記原料の混合物を坩堝に投入し、焼成を行う。焼成は、管状炉、小型炉、高周波炉、メタル炉などを使用することができる。焼成温度は、特に限定されないが、1200から1700℃の範囲で焼成を行うことが好ましく、1400から1700℃の焼成温度が、さらに好ましい。本蛍光体の原料は、窒化ホウ素(BN)材質の坩堝、ボートを用いて焼成を行うことが好ましい。窒化ホウ素材質の坩堝の他に、アルミナ(Al_2O_3)材質の坩堝を使用することもできる。また、焼成は、還元雰囲気中で行うことが好まし

い。還元雰囲気は、窒素雰囲気、窒素-水素雰囲気、アンモニア雰囲気、アルゴン等の不活性ガス雰囲気等である。以上の製造方法を使用することにより、目的とするオキシ窒化物蛍光体を得ることができる。

[0102] <アルカリ土類金属珪酸塩蛍光体>

本実施の形態における発光装置は、発光素子が発光した光の一部を吸収し、その吸収した光の波長と異なる波長を有する光を発光する蛍光体として、ユウロピウムで付活されたアルカリ土類金属珪酸塩蛍光体を有することもできる。アルカリ土類金属珪酸塩蛍光体を有することにより、青色領域の光を励起光とし、暖色系の混色光を発光する発光装置とすることができる。該アルカリ土類金属珪酸塩蛍光体は、以下のよう一般式で表されるアルカリ土類金属オルト珪酸塩蛍光体が好ましい。

$(2-x-y) \text{SrO} \cdot x(\text{Ba}, \text{Ca})\text{O} \cdot (1-a-b-c-d) \text{SiO}_2 \cdot a\text{P}_2\text{O}_5 \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot c\text{B}_2\text{O}_3 \cdot d\text{GeO}_2 : y \text{Eu}^{2+}$ (式中、 $0 < x < 1.6$ 、 $0.005 < y < 0.5$ 、 $0 < a, b, c, d < 0.5$ である。)

$(2-x-y) \text{BaO} \cdot x(\text{Sr}, \text{Ca})\text{O} \cdot (1-a-b-c-d) \text{SiO}_2 \cdot a\text{P}_2\text{O}_5 \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot c\text{B}_2\text{O}_3 \cdot d\text{GeO}_2 : y \text{Eu}^{2+}$ (式中、 $0.01 < x < 1.6$ 、 $0.005 < y < 0.5$ 、 $0 < a, b, c, d < 0.5$ である。)

ここで、好ましくは、 a, b, c および d の値のうち、少なくとも一つが 0.01 より大きい。

[0103] 本実施の形態における発光装置は、アルカリ土類金属塩からなる蛍光体として、上述したアルカリ土類金属珪酸塩蛍光体の他、ユウロピウムおよび／またはマンガンで付活されたアルカリ土類金属アルミン酸塩蛍光体や $\text{Y}(\text{V}, \text{P}, \text{Si})\text{O}_4 : \text{Eu}$ 、または次式で示されるアルカリ土類金属-マグネシウム-二珪酸塩蛍光体を有することもできる。

$\text{Me}(3-x-y) \text{MgSi}_2\text{O}_7 : x\text{Eu}, y\text{Mn}$ (式中、 $0.005 < x < 0.5$ 、 $0.005 < y < 0.5$ 、 Me は、 Ba および／または Sr および／または Ca を示す。)

[0104] 次に、本実施の形態におけるアルカリ土類金属珪酸塩からなる蛍光体の製造工程を説明する。

[0105] アルカリ土類金属珪酸塩蛍光体の製造のために、選択した組成に応じて出発物質アルカリ土類金属炭酸塩、二酸化珪素ならびに酸化ユウロピウムの化学量論的量を密に混合し、かつ、蛍光体の製造に常用の固体反応で、還元性雰囲気のもと、温度 1100°C および 1400°C で所望の蛍光体に変換する。この際、 0.2 モル未満の塩化

アンモニウムまたは他のハロゲン化物を添加することが好ましい。また、必要に応じて珪素の一部をゲルマニウム、ホウ素、アルミニウム、リンで置換することもできるし、ユウロピウムの一部をマンガンで置換することもできる。

[0106] 上述したような蛍光体、即ち、ユウロピウムおよび／またはマンガンで付活されたアルカリ土類金属アルミン酸塩蛍光体や $Y(V, P, Si)O_4:Eu$ 、 $Y_2O_2S:Eu^{3+}$ の一つまたはこれらの蛍光体を組み合わせることによって、所望の色温度を有する発光色および高い色再現性を得ることができる。

[0107] <その他の蛍光体>

本実施の形態において、蛍光体として紫外から可視領域の光により励起されて発光する蛍光体も用いることができ、具体例として、以下の蛍光体が挙げられる。

(1) Eu、MnまたはEuとMnで付活されたアルカリ土類ハロゲンアパタイト蛍光体；例えば、 $M_5(PO_4)_3(Cl, Br):Eu$ （但し、MはSr、Ca、Ba、Mgから選択される少なくとも一種）、 $Ca_{10}(PO_4)_6ClBr:Mn, Eu$ などの蛍光体。

(2) Eu、MnまたはEuとMnで付活されたアルカリ土類アルミン酸塩蛍光体；例えば、 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu$ 、 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu, Mn$ 、 $Sr_4Al_{14}O_{25}:Eu$ 、 $SrAl_2O_4:Eu$ 、 $CaAl_2O_4:Eu$ 、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu, Mn$ などの蛍光体。

(3) Euで付活された希土類酸硫化物蛍光体；例えば、 $La_2O_2S:Eu$ 、 $Y_2O_2S:Eu$ 、 $Gd_2O_2S:Eu$ などの蛍光体。

(4) $(Zn, Cd)S:Cu$ 、 $Zn_2GeO_4:Mn$ 、 $3 \cdot 5MgO \cdot 0.5MgF_2 \cdot GeO_2:Mn$ 、 $Mg_6As_2O_{11}:Mn$ 、 $(Mg, Ca, Sr, Ba)Ga_2S_4:Eu$ 、 $Ca_{10}(PO_4)_6FCl:Sb, Mn$

[0108] (拡散剤)

本形態において、光変換部材中に上述の蛍光物質に加えて、拡散剤を含有させても良い。また、本形態において、透光性の放熱部材や後述する透光性部材303中に、拡散剤を含有させても良い。具体的な拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素およびそれらの混合物が好適に用いられる。これにより、良好な指向特性を有する発光装置が得られる。

[0109] ここで本明細書中において拡散剤とは、中心粒径が1nm以上5μm未満のものをいう。1μm以上5μm未満の拡散剤は、蛍光物質からの光を良好に乱反射させ、大

きな粒径の蛍光物質を用いることにより生じやすい色ムラを抑制することができ好ましい。一方、1nm以上1 μ m未満の拡散剤は、発光素子からの光波長に対する干渉効果が低い反面、光度を低下させることなく樹脂粘度を高めることができる。これにより、蛍光物質含有の樹脂などを所望の場所に滴下することにより光変換部材を形成させる場合、シリンジ内において樹脂中の蛍光物質をほぼ均一に分散させその状態を維持することが可能となり、比較的取り扱いが困難である粒径の大きい蛍光物質を用いた場合でも歩留まり良く生産することが可能となる。このように本発明における拡散剤は粒径範囲により作用が異なり、使用方法に合わせて選択若しくは組み合わせて用いることができる。

[0110] (フィラー)

更に、本形態において、光変換部材中に蛍光物質に加えてフィラーを含有させても良い。また、本形態において、透光性の放熱部材や透光性部材303中に、フィラーを含有させても良い。これにより、各部材の耐熱衝撃性や放熱性を向上させることができる。

[0111] 具体的な材料は拡散剤と同様であるが、拡散剤と中心粒径が異なり、本明細書においてフィラーとは中心粒径が5 μ m以上100 μ m以下のものをいう。このような粒径のフィラーが光変換部材の材料である透光性樹脂中に含有されると、光散乱作用により発光装置の色度バラツキが改善されるだけでなく、透光性樹脂の熱伝導性および耐熱衝撃性を高めることができる。したがって、光変換部材中に蛍光物質に加えてフィラーを含有させることにより、その光変換部材の放熱性を向上させることができる。更に、透光性樹脂の流動性を長時間一定に調整することが可能となり、所望とするところに光変換部材を形成することができ、本形態の発光装置を歩留まり良く量産することができる。また、蛍光物質、フィラーおよび蛍光体の結着剤としての樹脂の混合割合を適宜調整することにより、光変換部材の耐熱衝撃性や放熱性を向上させることができる。

[0112] また、フィラーは蛍光物質と類似の粒径及び／又は形状を有することが好ましい。ここで本明細書中における「類似の粒径」とは、各粒子それぞれの中心粒径の差が20%未満の場合をいい、類似の形状とは、各粒径の真円との近似程度を表す円形度(

円形度＝粒子の投影面積に等しい真円の周囲長さ／粒子の投影の周囲長さ)の値の差が20%未満の場合をいう。このようなフィラーを用いることにより、蛍光物質とフィラーが互いに作用し合い、樹脂中にて蛍光物質を良好に分散させることができ色ムラが抑制される。

例えば、蛍光物質及びフィラーは、共に中心粒径が $15\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ 、より好ましくは $20\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ とすることができる。このように粒径を調整することにより、各粒子間に好ましい間隔を設けて配置させることができる。これにより光の取り出し経路が確保され、フィラー混入による光度低下を抑制しつつ指向特性を改善させることができる。

[0113] 実施の形態2.

本発明に係る実施の形態2の発光装置は、実施の形態1の発光装置において、放熱部材を、冷媒の流路を有し、発光素子が載置される側にて第1の流路を有する第1の放熱部材と、発光素子からの光が照射される側にて第2の流路を有する第2の放熱部材とからなり、第2の放熱部材が光変換部材を有する構成としたものである。すなわち、本発明は、発光装置からの発熱を緩和させる水冷式の放熱部材を備え、その放熱部材に、蛍光体を含有する光変換部材が載置されている発光装置である。これにより、蛍光体の自己発熱が抑制され、蛍光体の劣化が防止できるため、発光装置の出力低下が生じることなく、さらに高出力な光、例えば白色系等の光を発光することができる。尚、その他の点は、実施の形態1と同様である。

[0114] より具体的には、本形態にかかる発光装置は、発光素子からの放熱を促進させる第1の放熱部材と、光変換部材からの放熱を促進させる第2の放熱部材とを有する。光変換部材は、第2の放熱部材のうち、発光素子からの光が照射される領域に載置されている。第2の放熱部材は、光変換部材が載置される側に第2の流路を有し、該第2の流路は、光変換部材からの放熱を促進させる冷媒を有する。これにより、高出力かつ高エネルギーの励起光に曝される蛍光体の自己発熱を抑制することができる。また、第1の放熱部材は、第2の放熱部材と同様に冷媒の流路を有し、高出力な光を発する発光素子からの放熱を促進させる。したがって、発光装置全体としての放熱性が向上し、高出力な光を照射する発光装置とすることができる。

- [0115] 本形態の放熱部材が有する流路は、上記第1の流路と上記第2の流路とを連絡する第3の流路を有することが好ましい。これにより、本形態にかかる発光装置は、第1および第2の流路に共通する供給口および排出口を一对有し、発光素子の冷却と光変換部材の冷却が同一システムで行えるため、発光素子と光変換部材とを別システムで冷却する他の冷却機構と比較して、発光装置を小型化でき、また、発光装置の冷却機構を簡略化させることができる。
- [0116] 本形態の発光装置は、発光素子を実装する側において、冷媒の第1の流路を有する第1の放熱部材と、電氣的絶縁性部材と、支持基板と、光変換部材が配設される側にて、冷媒の第2の流路を有する第2の放熱部材とが少なくとも積層されてなる。このようにすることにより、本発明にかかる発光装置を容易に実現することができる。
- [0117] 供給口あるいは排出口は、放熱部材に形成されており、絶縁性部材と支持基板は、第3の流路の一部となるような貫通孔を有する。これにより、発光装置の実装面側から冷却液の供給および放出を行うことができ、発光装置に冷媒を供給する装置などが発光装置の光学特性に悪影響を及ぼさないようにすることができる。
- [0118] 絶縁部材の少なくとも一方の主面にAu、Ag、Alから選択される少なくとも一種を含む導電性部材が被着されている。さらに、発光素子の一方の電極は、導電性ワイヤおよび上記導電性部材を介して上記絶縁性部材の少なくとも一方の主面に被着された導電性部材と電氣的に接続され、他方の電極は、第1の放熱部材とにそれぞれ電氣的に接続される。すなわち、支持基板および第1の放熱部材の極性が異なり、発光素子の正負一对の電極は、該支持基板と該第1の放熱部材とにそれぞれ電氣的に接続される。これにより発光素子に電力を供給することが容易にできる。以下、本形態の各構成について詳述する。
- [0119] 以下、本実施の形態2の発光装置の構成について詳細に説明する。
- (放熱部材)
- 本形態の発光装置における放熱部材は、発光素子が載置される側において、第1の流路を有する第1の放熱部材と、発光素子からの光が照射される側において、第2の流路を有する第2の放熱部材とからなる。本形態の発光素子は、第1の放熱部材に載置されるが、本発明がこれに限定されないことは言うまでもない。すなわち、発光素

子と第1の放熱部材との間に熱伝導性のよい他の部材、例えば、発光素子がフリップチップ実装される補助素子としてサブマウントを有してもよい。以下、第1の放熱部材および第2の放熱部材について、より詳細に説明する。

[0120] 本形態における第1の放熱部材とは、発光素子を冷却する冷媒の流路を有し、発光素子が直接あるいは導電性接着剤を介して載置され、発光素子から発生する熱を発光装置の外部へ伝達させる部材である。また、本形態における第2の放熱部材とは、蛍光体を冷却する冷媒の流路を有し、蛍光体を含有する光変換部材が載置され、蛍光体から発生する熱を光変換部材の外部へ伝達させる部材でもある。ここで、第2の放熱部材は、少なくとも発光素子からの光を透過させることのできる材料、または、発光素子からの光と光変換部材が発する光の両方の光を透過させることのできる材料からなる。これにより、光変換部材は、第2の放熱部材の発光観測面側主面および発光素子からの光が照射される主面の少なくとも一方に載置される。なお、光変換部材は、第2の放熱部材に直接固着される形態に限定されることなく、他の透光性部材を介して第2の放熱部材に実装されてもよいことはいうまでもない。また、光変換部材の発光観測面側の形状は、発光装置からの光の光学特性を考慮してレンズ形状とすることもできる。放熱部材の一部を透光性とし、その透光性の部分に蛍光体を含有させることで、光変換部材とすることもできる。また、光変換部材の内に蛍光体を冷却する冷媒の流路を形成させることもできる。

[0121] 本発明において、冷媒の流路は、発光装置の外部に対して閉鎖系、開放系を問わない。開放形の流路を有する放熱部材の一例として、例えば、銅やアルミニウム等の金属を材料とし、内部に冷媒を導通させるための流路を形成させた平板とすることができ。ここで、放熱部材の一部を透過性とし、第2の放熱部材とするとき、その透光性の部分には、透光性樹脂、石英等の材料を選択する。さらに、放熱部材は、その外壁面に放熱部材内に冷媒を循環させるため、冷媒の供給口と排出口を少なくとも一対有する。図7に示されるように、流路は、複数の平板状とされた材料の少なくとも一方、例えば、第2の板状部材115b、109bに溝、凹凸形状および上記供給口・排出口とするための貫通孔を形成し、第1の板状部材115a、109bと第2の板状部材115b、109bとの対向する面同士を接着させることにより放熱部材115、109とし、該

放熱部材に形成することができる。ここで、本形態において、流路の形状は、図7に示されるものに限定されないことは言うまでもない。例えば、図10に示されるように、放熱部材の材料の一部である第1の板状部材115b、109bにおいて、一方の開口部(供給口あるいは排出口)が形成された位置から、他方の開口部まで、流路が徐々に広くなり、さらに流路が徐々に狭くなるように、凹部を形成する。これにより、冷媒が流路内を円滑に循環するようにすることができる。さらに、その凹部の内壁面は、細かい溝や凹凸形状が形成されていることが好ましい。これにより、冷媒と放熱部材との接触面積を大きくし、発光装置の放熱効果を向上させることができる。

[0122] 閉鎖系の流路を有する放熱部材の一例として、例えば、銅やアルミニウム等の金属を材料とし、内部に冷媒を封入させたヒートパイプとすることができる。特に、別の形態において、放熱部材として使用することができるヒートパイプは、例えば、銅やアルミニウム等の金属材料からなる金属管の中に、水、フロン、代替フロン、フロリナート等の熱輸送用の作動液を封入したものであって、入熱部(高温部)で作動液が加熱されて蒸気となり、その蒸気が放熱部(低温側)に移動して液化することによって放熱し、その液化した作動液が毛細管現象により入熱部に戻るといった動作を繰り返すことにより、極めて高い熱伝導性を実現した熱伝達部材である。

[0123] 放熱部材の形状は、放熱される方向や放熱効果を考慮して種々の形状および大きさとすることができる。例えば、図9に示されるように、発光素子の裏面に対向する第1の流路の内壁面に凹凸形状を形成する。これにより、上記内壁面と冷媒との接触面積は、凹凸形状を形成しないときと比較して大きくなるため、発光素子からの放熱性が向上する。さらに、光変換部材に対向する第2の流路の内壁面に凹凸形状を形成する。これにより、上記内壁面と冷媒との接触面積は、凹凸形状を形成しないときと比較して大きくなるため、光変換物質からの放熱性が向上する。ここで、第1の流路と第2の流路とを第3の流路で連絡させ、第1の流路と第2の流路を並流させる発光装置としたとき、第1および第2の流路の内壁面は、同じ形状とすることが好ましい。これにより、発光装置内の冷媒の圧力を均一にできるため、信頼性の高い発光装置とすることができる。

[0124] 平板状とされた第1の放熱部材は、放熱部材を形成する板材の熱伝導率を $C[W/$

mK]としたとき、発光素子を実装する面と第1の流路の内壁面との最短距離 d [mm]は、以下の関係式を満たすことが好ましい。

$$0.05 < d < (C/800) \cdots (\text{式1})$$

例えば、無酸素銅を材料として第1の放熱部材を形成するとき、 d [mm]は、以下の範囲とすることが好ましい。

$$0.05 < d < 0.5 \cdots (\text{式2})$$

また、アルミナや窒化アルミニウムのようなセラミックスを材料として第1の放熱部材を形成するとき、 d [mm]は、以下の範囲とすることが好ましい。

$$0.05 < d < 0.25 \cdots (\text{式3})$$

ここで、 d の値を上限値より大きくすると、放熱部材の熱抵抗が大きくなり、隣接する発光素子同士の熱干渉が顕著に現れてしまうため、発光素子を高密度に実装することができなくなる。また、 d の値を下限値より小さくすると、放熱部材の板材を加工することが容易でなくなる。

[0125] (支持基板)

支持基板は、発光素子に電力を供給し、他の構成部材の支持体となり、発光装置の機械的強度を維持するためのものである。支持基板は、放熱性、発光装置の出力などを考慮して種々の大きさに形成させ、発光装置の形状に合わせて種々の形状とされる。また、支持基板は、光の配光特性を制御するため、その一部にリフレクタを有していてもよい。

[0126] 支持基板は、例えば図6に示されるように、発光装置の外部に延伸する延伸部を設け、その延伸部に発光装置100を外部の実装基板や、例えば、水流ポンプのような冷媒の供給装置に固定するための貫通孔を有することができる。さらに、図7に示されるように、テーパ状の貫通孔を形成し、その貫通孔の内壁面を第1の放熱部材に実装される発光素子に対向させ、発光素子からの光を発光観測面方向に反射させる傾壁としてもよい。また、その傾壁に、発光素子からの光を好適に反射させる反射層を形成してもよい。支持基板は、発光素子から放出された熱を放熱部材側に効率よく放熱させるため熱伝導性がよいことが好ましい。このような熱伝導性のよい材料の例としては、セラミックス、銅、アルミニウムやりん青銅板が単独で用いられる他、そ

れらの表面に銀、パラジウム或いは銀、金などの金属メッキや半田メッキなどを施したものが好適に用いられる。

[0127] (絶縁性部材)

本形態における絶縁性部材とは、第1の放熱部材と支持基板を絶縁するように両者の間に配置される部材である。また、絶縁性部材は、導電性の支持基板および／または第1の放熱部材との対向面に対し、Au、AgおよびAlのような金属が被着される。支持基板との対向面に被着された金属により、発光素子に電力を供給するための配線がなされ、第1の放熱部材との対向面に被着された金属は、第1の放熱部材と絶縁性部材とを良好に接合するための層となる。

[0128] 絶縁性部材の形状は、第1の放熱部材および支持基板の形状に対応させ、例えば、図6および図7に示されるように、平板状とされる。絶縁性部材の材料は、樹脂、アルミナ、窒化アルミのような電氣的に絶縁性のある材料とされる。絶縁性材料の第1の放熱部材と支持基板に対向する面のうち少なくとも一方には、Au、AgおよびAlの少なくとも一種を含む金属が形成されていることが好ましい。これにより、発光素子と電氣的接続を図ることが容易にできる。あるいは、発光素子に電力を供給するワイヤをボンディングするための配線をすることができる。

さらに、図7に示されるように、テーパ状の貫通孔を形成し、その貫通孔の内壁面を第1の放熱部材に実装される発光素子に対向する傾壁としてもよい。また、その傾壁に、発光素子からの光を好適に反射させる反射層を形成してもよい。

上述の支持基板および絶縁性部材に対して、放熱部材の流路に繋がる開口部に対応させて、一对の貫通孔を設け、第3の流路とすることができる。また、それらの貫通孔は、第1、第2および第3の流路の各流路が接続されている部分において、冷媒の漏れを防止する目的で、オーリングがされていることが好ましい。オーリングの材料は、例えば、シリコン樹脂とすることが好ましい。

[0129] 実施の形態3.

本発明に係る実施の形態3の発光装置は、2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成される放熱部材と、放熱部材の主面上に2次元状に配列するように実装される複数の発光素子とを備える発光装置であって、流路内において板状部材の

表面に複数の凸部が形成され、複数の凸部の少なくとも一部は、発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成される発光装置である。以下、特に説明する点を除いては、実施の形態1と同様である。

[0130] 以下、本実施の形態3の放熱部材について詳細に説明する。

(放熱部材)

本発明の放熱部材(以下、「ヒートシンク」ともいう。)は、発熱体が熱的に接続される第1の面を有する第1の板状部材と、該第1の板状部材の第2の面と接続される第2の板状部材とから成る積層板状部材に、流体が供給される供給口と、該供給口と連通し流体が排出される排出口とを備えたヒートシンクにおいて、前記第1の板状部材の第2の面には凹凸を有する。

[0131] 前記第1の板状部材における第2の面に凹凸を有することで、同一領域での流体が流れる表面積を大きくすることができる。即ち、第1の板状部材の第2の面に形成された凸部は放熱フィンのような役割を果たすようになる。また流体は、段差がある面を進行するため直線的に進行するのみならず、進行方向や進行速度を変化させながら進むことになる。そのため発熱体からの熱を効率よく冷却することができる。またヒートシンクの薄型化や小型化を優先するために供給口の径を小さくした場合であっても十分な冷却機能を有する。

[0132] ここで、前記第1の板状部材が、発熱体と接続しているとは、直接的に接しているものに限定されず、熱的に接続していればよい。つまり、第1の板状部材と発熱体との間には熱輸送経路が形成されていればよく、例えば共晶材料を一層又は多層で介している構成としても構わない。また、前記流体とは、冷却媒体であって、純水や低融点液体等である。

[0133] また、本発明のヒートシンクにおいて、前記凹凸は、発熱体の接続領域に対向した領域に形成することが好ましい。これにより、流体と接する放熱面積を例えば2倍以上に広げ、第2の面における熱密度(熱流の密度)を下げるできるので効率よく冷却することが出来る。

[0134] また、本発明のヒートシンクにおいて、前記第1の板状部材の、第2の面に形成される凹凸は、段差が $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。凹凸構造は、板

状部材に水路を形成すると同時にケミカルエッチング等によって形成するが、加工精度の都合上 $10\mu\text{m}$ 以上とするのが好ましい。また、エッチングによって削り出した量が流体の流量を決めるため、上記範囲が $500\mu\text{m}$ より高ければ、実質的に冷却に寄与しない流体が存在することになり、しかも過剰な流体を循環させるために、圧力が必要以上に上がってしまい、効率的ではない。そのため、前記段差は $500\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0135] 前記凹凸の段差は $100\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。該範囲で段差を形成することにより、更に効率よくヒートシンクを冷却することが出来る。

[0136] また、本発明のヒートシンクは、発熱体が熱的に接続される第1の面を有する第1の板状部材と、該第1の板状部材の第2の面と接続される第2の板状部材とから成る積層板状部材に、流体が供給される供給口と、該供給口と連通し流体が排出される排出口とを備えたヒートシンクにおいて、前記第1の板状部材は、第1の面における発熱体の接触面積(a)に対して、発熱体の接触領域に対向した第2の面における表面積(b)が大きいことを特徴とする。本件発明者は、放熱面から放熱される熱輸送において、発熱体からの熱はヒートシンク内を厚さ方向に 45° の角度で広がりながら第1の板状部材における第2の面まで伝わる温度分布を確認している。このため発熱体である面発光装置等を高密度に実装すると、隣接する発熱体から生じた熱が第1の板状部材の厚さ方向に伝わる間に重なり合って熱干渉を起こし、局所的に大きな熱が発生することになる。従って、発熱体である面発光装置等を高密度に実装した場合、各面発光装置に流すことができる投入電力は低く制限されてしまう。しかしながら本件発明によれば、そのような高密度実装した半導体装置において、上記構成のような放熱面を確保することで、許容される投入電力を格段に上げることができる。ここで、投入電力とは、面発光装置等の半導体素子に流す電流と印加電圧の積であり、その投入電力を素子の投影面積で割った値を熱密度と称する。本件発明によれば、例えば熱密度 $2\text{W}/\text{mm}^2$ 以上となるような投入電力を許容することができる。尚、高密度実装とは、発熱体同士の間隔を発熱体の幅より狭くした実装形態であって、該発熱体の数量は3個以上とする。

[0137] また、本発明のヒートシンクにおける前記第1の面における発熱体の接触面積(a)と

、第2の面における発熱体の接触領域に対向した第2の面における表面積(b)との比が、 $0.2 \leq (a/b) < 1$ であることが好ましい。更に好ましくは、上記範囲は $0.2 \leq (a/b) < 0.5$ とする。第2の面における表面積(b)が、第1の面における発熱体の接触面積(a)の5倍より大きくすると、かなりの加工精度が要求されることになる。しかしながら、上記範囲であれば、冷却効率をより向上することができる。

[0138] また、前記第1の板状部材における第1の面と前記発熱体とは共晶材料を介して接続することが好ましい。これにより、発熱体に熱的ダメージを与えない低温で発熱体と板状部材とを貼り合わせることが可能になる。また板状部材に対する微細加工を容易に保持することができ、熱変形を抑制するばかりでなく薄型化を容易に実現でき、熱抵抗を低減できる。

[0139] また、前記第1の板状部材における第2の面と前記第2の板状部材とも共晶材料を介して接続することが好ましい。各板状部材を貼り合わせる接着部材として共晶材料を使用することにより、板状部材を比較的低温で貼り合わせることが可能になる。板状部材に対する微細加工を容易に保持することができ、薄型化を容易に実現でき、熱抵抗を低下することができる。

[0140] また本発明の半導体装置は、前記ヒートシンクと、半導体から成る発熱体とを備えたことを特徴とする半導体装置である。このようなヒートシンクを用いることで発熱体の素子特性の熱劣化を防ぐことが可能となり、信頼性に優れた半導体装置を提供することができる。

[0141] 本発明の半導体装置は、前記第1の板状部材における第1の面上に1以上が実装されて成ることが好ましい。前記第1の板状部材の第2の面上に形成された凹凸によって、該第2の面における熱密度が低下する。そのため、発熱体の自己発熱による光出力の低下を抑制することが可能となり、複数の発熱体を高密度実装することができる。

[0142] また、本発明発光装置において、前記発熱体が半導体発光素子であることが好ましい。半導体発光素子は熱特性が敏感であるため熱による劣化が著しい。特に半導体レーザ(LD)やLEDは発熱量が大きい。しかしながら、本発明のヒートシンクを搭載することで高密度実装かつ高出力化が実現できる。また、半導体発光素子の中で

も窒化物半導体発光素子は発熱量が多いため、本発明のヒートシンクを搭載することは特に有効である。

- [0143] また、本発明のヒートシンクは、前記板状部材を各々貼り合わせる工程において、一方の板状部材の表面側に接着部材を形成し、他方の板状部材の貼り合わせ面に金属膜を形成した後、貼り合わせることができる。接着部材のみならず金属膜を形成することによって接着部材の濡れ性を高め、板状部材同士の密着性を高めることによって冷却材の漏れ問題等の信頼性をさらに高めることが出来る。
- [0144] また、本発明のヒートシンクは、前記共晶材料がAuSn、AuSi、SnAgBi、SnAgCu、SnAgBiCu、SnCu、SnBi、PbSn、Inからなる群から選択される少なくとも1種を含む接着材料であることを特徴とする。濡れ性・密着性の観点からこれらの接着材料が好適である。本発明のヒートシンクの製造方法としては、前記共晶材料の張り合わせ温度を500℃以下とすることが好ましい。この温度範囲でヒートシンクを製造することにより著しく熱変形が改善される。
- [0145] 本発明の構成により、例えば、ヒートシンクに窒化物半導体から成るLEDを10個以上で高密度実装することを可能とし、更にはCW駆動で連続発光するワット光源が得られる。また、本発明のヒートシンクに高出力面発光半導体レーザを1以上実装することにより、熱量の大きな窒化物半導体レーザであっても、CW駆動で連続発振する小型なワット光源が得られる。また本発明のヒートシンクであれば、半導体発光素子を1以上実装したワット光源自身を複数個配列することも可能となり、さらに高出力な光源を得ることができる。
- [0146] 本発明の放熱部材は、面発光半導体レーザおよび高輝度LEDなどで特に有効であるが、発熱を伴うあらゆる半導体デバイスに対し適用できる放熱部材として用いることもできる。
- [0147] さらに、発熱体は第1導電型層と第2導電型層とを有する半導体素子であることが好ましい。第1導電型がn型の場合、第2導電型はp型となる。またこの逆でもよい。本実施の形態では、第1の導電型層がヒートシンクに電氣的に接続され、第2導電型層がヒートシンク上に絶縁膜を介して形成された金属部材に電氣的に接続されている。
- [0148] 以下、本形態について図面に基づいて説明する。

図11は本発明のヒートシンクを備えた半導体装置を示す模式的断面図である。図11の半導体装置は、第1の板状部材2と第2の板状部材3によって構成されたヒートシンクを有しており、発熱体であるLEDチップ1を第1の板状部材2上に実装している。第1の板状部材2と第2の板状部材3との間には冷却用流体を流す流路12が形成されている。第2の板状部材3は流体の供給口36aと排出口36bとを備えている。第1の板状部材2の上面には、LEDチップ1の実装領域を除いて絶縁性部材4が形成されており、その絶縁性部材4の上に金属部材5が形成されている。第1の板状部材2と金属部材5は絶縁性部材4によって電氣的に絶縁されている。発熱体であるLEDチップ1は、その上面に形成されたn側電極が金属部材5とワイヤーで接続されている。一方、LEDチップ1のp側電極は、LEDチップ1の底面に形成されており、第1の板状部材2に接続されている。金属部材5の上には、さらに金属製のキャップ溶接部材6が電氣的に接続するように形成されている。また、第1の板状部材2と第2の板状部材3も電氣的に接続されている。電源8は、キャップ溶接部材6と第2の板状部材3に接続される。電氣的接続経路としては、発熱体1を介して第1の板状部材2と金属部材5とが接続されている。即ち、第2の板状部材3と第1の板状部材2とがLEDチップ1のp側電極に電流を流すリードの役割を果たし、金属製のキャップ溶接部材6と金属部材5とがLEDチップ1のn側電極に電流を流すリードの役割を果たしている。また金属部材5上のキャップ溶接部材6には、さらにLEDチップ1を保護するためのカバーであるキャップ7が形成されている。キャップ7にはLEDチップ1の発光を観測できるように窓部が形成され、透光性の窓部材9が嵌め込まれている。

[0149] 図12は、図11に示す半導体装置の構造を模式的に示す斜視図である。尚、図面の簡単のため、金属部材5、キャップ溶接部材6及びキャップ7は省略している。図12に示すように、第1の板状部材2の上に円形の窓部を有する絶縁性部材4が形成されており、その円形の窓部4aから第1の板状部材2が露出している。この円形の窓部4aの内側がLEDチップ1の実装領域となっており、窓部4a内に複数(図12では21個)のLEDチップ1が正方マトリックス状に配置されている。尚、正方マトリックス状とは、個々のLEDチップが碁盤目状に配列している状態を差し、配列全体が矩形でなくとも良い。本実施の形態によれば、以下に説明する水冷構造によって高い冷却効率を

実現できるため、発熱体であるLEDチップ1は、LEDチップ同士の間隔11を狭く制限した高密度実装とすることができる。

[0150] 図13は、本実施の形態に係る半導体装置のヒートシンクの構成を模式的に示す断面図である。尚、本図面では便宜のため個々の部材を分離して示している。ヒートシンクは、第1の板状部材2と第2の板状部材3によって構成されている。第1の板状部材2は、第1の面21と第2の面22を有しており、第2の板状部材3は、第1の面31と第2の面32を有している。発熱体であるLEDチップ1は、第1の板状部材2の第1の面21の上に実装されている。第1の板状部材2の第2の面22と第2の板状部材3の第1の面31とは互いに対向しており、これら2面に挟まれた部分が冷却用流体が流れる流路となる。図13に部分拡大図で示すように、第1の板状部材2の第2の面22には、複数の凸部25が形成されている。この凸部25により冷却用流体と第1の板状部材2との接触面積が増加し、LEDチップ1から第1の板状部材2に伝わった熱が効率良く放散される。また、第1の板状部材2に形成された凸部25は、冷却用流体の進行方向や進行速度を変化させる役割を果たし、このことによっても放熱効率が向上する。ヒートシンクを構成する板状部材は熱伝導性のよい部材とすることが好ましい。好ましくは、銅(Cu)を母材とした銅系薄板材料である。最も好ましくは無酸素銅である。尚、後述するように板状部材同士の接合を共晶材によって行えば、板状部材の材料選択の自由度が増す。特に、金を含む金属材料によって板状部材の貼り合わせ面全面を覆い、その金を含む金属材料の少なくとも一方を低融点(例えば融点500℃以下)の共晶材とすれば、冷却材に対する腐食性も考慮する必要がなくなるため、板状部材の材料選択の自由度が一層増す。従って、板状部材(特に第1の板状部材)の材料として、その上に実装する半導体素子の基板材料と熱膨張係数が略同一の材料を用いることも可能となり、それによって半導体素子の実装時に半導体素子に加わる歪みを低減することができる。例えば、半導体素子がCuW等から成る支持基板上に形成されている場合には、第1の板状部材を同じCuWによって構成し、その貼り合わせ面(=第2の面)を金を含む金属材料(Au、AuSn、AuSi又はこれらの積層体等)で覆えば良い。

[0151] 第1の板状部材2の第2の面22に凸部25が形成された結果、凹凸パターンが形成

されている。本実施の形態では、凸部25が平面視で円形(即ち、円柱状)である場合を例に説明するが、凹凸のパターン形状は、縞状、矩形状、ストライプ形状、格子形状等としても良い。第1の板状部材2の第2の面22に形成される凹凸は、段差が好ましくは $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $100\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。

[0152] また、本発明のヒートシンクにおいて、第1の板状部材の第1の面における発熱体の接触面積(a)と、第2の面における発熱体の接触領域に対向した第2の面における表面積(b)との比を、好ましくは $0.2 \leq (a/b) < 1$ 、更に好ましくは、 $0.2 \leq (a/b) < 0.5$ とする。この条件を満たすヒートシンクとするためには、第1の板状部材2の第2の面22に凹凸を形成すれば良い。また発熱体であるLEDチップ1のチップサイズは $\square 100\mu\text{m}$ — $\square 10\text{mm}$ 程度である。従って、そのような発熱体1が複数個形成された第1の面に対向した第2の面に凹凸を形成する場合、第2の面に形成される凹部及び／又は凸部のサイズは幅を $10\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

[0153] 第1の板状部材2と第2の板状部材3の好ましい形態について図4乃至6を参照しながら説明する。図14(a)〜(c)は、第1の板状部材2の好ましい形態を示し、図15(a)〜(c)は、第2の板状部材3の好ましい形態を示す。また、図16(a)及び(b)は、図14と図15に示す板状部材を組み合わせた状態を示す。

[0154] まず、第1の板状部材2の好ましい形態について説明する。図14(a)〜(c)に示すように、第1の板状部材2の第2の面22略中央には、冷却用流体の流路を形成するための円形凹部24が形成されている。本実施の形態では、円形凹部24の深さが冷却用流体を流す流路の高さに一致する。そこで円形凹部24の深さは $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $100\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。これは流路の高さが低すぎるとは、加工が困難であるばかりでなく冷却水が流路を流れる際の抵抗が大きくなるからであり、逆に流路の高さが高すぎるとは、放熱面である凹部24の底面から遠く離れた位置にも冷却用流体が流れることになり、冷却に寄与しない流体を過剰に循環させることになるからである。

[0155] また、円形凹部24の底面には、放熱フィンとなる凸部25が規則的に配列されている。個々の凸部25の高さは、円形凹部24の深さと同じか、それよりも低くすることが好

ましい。本実施の形態では、凸部25の高さを円形凹部24の深さ(=流路の高さ)と同じにしている。こうすれば、第1の板状部材2と第2の板状部材3を張り合わせた際に凸部25が支柱としての役割を果たし、ヒートシンクの機械的な強度が向上する。その際、凸部25の上面を第2の板状部材3の表面と接合すれば、第1の板状部材2と第2の板状部材3の接合面積が増し、ヒートシンクの機械的強度が一層向上する。一方、凸部25の高さを円形凹部24の深さ(=流路の高さ)よりも低くすれば、凸部25の上面も冷却用の流体に接触することになり、放熱効率が向上する。尚、凸部25を第2の板状部材3の第1の面31に形成し、凸部25の上面を第1の板状部材2の第2の面22と貼り合わせることも可能である。その場合、凸部25は第1の板状部材2の第2の面22と熱的及び機械的に一体化しているため、第1の板状部材2の第2の面22に凸部形成されたとみることができる。第1の板状部材2の4隅には螺子穴23が形成されている。

[0156] 次に、第2の板状部材3の好ましい形態について説明する。図15(a)乃至(c)に示すように、第2の板状部材3には流体を供給するための貫通穴である供給口36a及び流体を排出するための貫通穴である排出口36bが形成されている。また、第2の板状部材の第1の面31には、供給口36aから第2の板状部材3の中央に向かって略扇状に広がる扇状凹部34aが形成されており、冷却用流体を供給口36aから流路の入口に導くガイド部を構成している。尚、扇状凹部34aの板状部材中央に近い周縁37aは円弧状となっており、図14に示した円形凹部24の周縁24aと共に流路の入口を構成する。また、扇状凹部34aの底面には、複数の支持柱35aが形成されている。支持柱35aは、流体の流れる方向に一致するよう放射状に配列されている。また、支持柱35aは、その上面が第2の板状部材の第1の面31と面一になる高さを有しており、第1の板状部材2と第2の板状部材3を貼り合わせる際の接合面となる。このような支持柱35aを形成することにより、ヒートシンクの機械的強度が向上すると共に、冷却用流体が流路全体に均一に流れやすくなる。

[0157] また、排出口36bについても同様の構造が形成されている。即ち、排出口36bから板状部材の中央に向かって略扇状に広がる扇状凹部34bが形成されており、冷却用流体を流路の出口から排出口36bに導く導入ガイド部を構成している。尚、扇状凹

部34bの板状部材中央に近い周縁37bは円弧状となっており、図14に示した円形凹部24の周縁24bと共に流路の出口を構成する。また、扇状凹部34bの底面には、複数の支持柱35bが形成されている。尚、第2の板状部材3の4隅には螺子穴33が形成されており、第2の板状部材2の4隅に設けられた螺子穴23と一致させることで、板状部材同士の位置合わせを可能にしている。

[0158] これらの第1の板状部材2と第2の板状部材3を組み合わせると図16(a)及び(b)に示すような形態となる。図16(a)及び(b)に示すように、第1の板状部材2の第2の面22に形成された円形凹部24は、第2の板状部材の第1の面31との間に円形の冷却用流路を形成する。この円形の冷却用流路の入口13は、第2の板状部材3に形成された扇状凹部34aの円弧状の周縁部37aと、第1の板状部材2の円形凹部24の周縁部24aとの間に形成されており、円弧状の形状を有する。同様に、円形の冷却用流路の出口14は、第2の板状部材3に形成された扇状凹部34bの円弧状の周縁部37bと、第1の板状部材2の円形凹部24の周縁部24bとの間に形成されており、円弧状の形状を有する。尚、当然ながら円弧状の周縁部37a又は37bは、第1の板状部材2の円形凹部24の周縁部24a又は24bよりも内側に位置するように形成されている。また、第2の板状部材3に形成された扇状凹部34aは、第1の板状部材の第2の面32との間に、供給口36aから流路の入口13に冷却用流体を導くガイドを形成する。同様に、第2の板状部材3に形成された扇状凹部34bは、第1の板状部材の第2の面22との間に、流路の出口14から排出口36bに冷却用流体を導くガイドを形成する。

[0159] 図16に示すヒートシンクにおいて冷却用流体の流れは次のようになる。まず、供給口36aから導入された冷却用流体は、扇状凹部34aによって構成されたガイドに沿って広がりながらヒートシンク中央に向かって流れる。そして、扇状凹部34aの周縁部37aに到達すると、扇状凹部34aの周縁部37aと円形凹部24の周縁部24aによって形成された流路の入口13に流れ込む。ここで流路の入口13は円弧状であるため、ヒートシンクの中央に向かう流れの一部は、ヒートシンクの周辺部に回り込みながら流路に進入することになる。従って、冷却用流体が流路全体に均一に流れやすくなると共に、冷却用流体の水圧分布が流体の流れに対して垂直な等高線を形成し易くなる。従って、平面的な広がりを持つ流路全体に渡って均一な冷却効果を得ることができ

、実装したLEDチップ1の熱による特性ばらつきを抑制することができる。

[0160] そして冷却用流路の入口13から流入した流体は、凸部25によってS字状に迂回を繰り返しながら流路の出口14に向かう。即ち、凸部25は、流路の入口13の中央から出口14の中央に向かって最も近接する凸部25同士を順次結んだ線分が屈曲を繰り返すよう互いにずれて配置されているため、凸部25にぶつかった流体はS字状に迂回を繰り返しながら流路を流れることになる。換言すれば、凸部25の2次元配列を流路の入り口から第1列、第2列、・・・第n列とみたときに、第n列目の凸部25の配列は、第(n-1)列目の凸部25の配列から半ピッチ分だけ上下にずれて配置されている。これにより各凸部25は、近接する4つの凸部のつくる正方形の中心に位置する配置となる。このように流体がS字状に迂回を繰り返しながら流れるように凸部25を配置することにより、冷却用流体と第1の板状部材との間の熱交換が促進され、放熱効果が一層高くなる。

[0161] こうして流路を流れた冷却用流体は、流路出口14に到達すると扇状凹部34bによって構成されたガイドを通じて排出口36bから排出される。ここで流路の出口14は円弧状であるため、流路の周辺部から流れてきた流体は出口14の中央に向かって回り込みながら流れ出るようになる。従って、先と同様に、冷却用流体が流路全体に均一に流れやすくなると共に、冷却用流体の水圧分布が流体の流れに対して垂直な等高線を形成し易くなる。従って、平面的な広がりを持つ流路全体に渡って均一な放熱効果を得ることができ、実装したLEDチップ1の熱による特性ばらつきを抑制することができる。尚、板状部材に形成される流路形状は図14、図15の形状に限定されるものではない。

[0162] 本実施の形態において、流路内に形成する凸部25は発熱体であるLEDチップ1に対して特定の位置に配置することが好ましい。図17(a)及び(b)は、LEDチップ1が正方マトリックス状に配列されている場合におけるLEDチップ1と凸部25の位置関係を示す模式図である。前述の通り、LEDチップ等の発熱体からの発熱は、放熱面から放熱される熱輸送においてヒートシンク内を厚さ方向に45°の角度で広がりながら伝わる。即ち、図16(b)に示すように、LEDチップ1で発生した熱は、第1の板状部材2を板厚方向に進行する際に45°の角度で広がりながら進行する。このためLED

チップ1等を、例えばチップ同士の間隔がチップ幅以下(より具体的には、チップ幅の半分以下)であるような高い密度で実装すると、隣接する2つのLEDチップで生じた熱が第1の板状部材の厚さ方向に伝わる間に重なり合って熱干渉を起こし、LEDチップ1同士の間隔11に相当する位置で相対的に熱密度が高くなる。そこで複数ある凸部25の少なくとも一部は、LEDチップ1同士の間隔11に相当する位置に形成することが望ましい。何故なら凸部25を形成すれば、その部分における熱密度を下げるができるからである。即ち、凸部25を形成すると、第1の板状部材2の単位投影面積あたりの表面積は大きくなるため、冷却用流体と接する面(=第1の板状部材2の第2の面22)における熱密度を下げるができる。従って、LEDチップ等の発熱体となる半導体素子を高密度に実装し、互いに熱干渉を起こす場合であっても、熱分布を抑制して高効率な冷却ができる。

[0163] また、同様の理由から、各LEDチップ1の略中央に相当する位置にも凸部25を形成することが望ましい。何故なら、LEDチップ等の半導体発光素子は、一般に素子の中心部で大きな発熱を示すからである。そこで本実施の形態では、図17(a)に示すように、凸部25をLEDチップ1の中央と四隅に配置するように形成している。LEDチップ1の四隅に形成された凸部25は、LEDチップ1同士の間隔11上に中心を有するように配置されている。即ち、あるLEDチップ1の四隅に形成される凸部25は、隣接する3つのLEDチップ1にも跨って形成されている。このように凸部25を配置することにより、LEDチップ1自身の内部で生じる熱分布と、LEDチップ1同士の熱干渉によって起きる熱分布の両方を抑制して効果的な放熱を行うことができる。尚、矩形のLEDチップ1の四隅に凸部25を形成する代わりに、矩形のLEDチップ1の各辺の中央に凸部25を配置しても良い。その場合は隣接する2つのLEDチップ1で1つの凸部25を共有することになる。尚、この場合も凸部25の中心をLEDチップ同士の間隔11上に配置することが好ましい。

[0164] ヒートシンクを構成する板状部材同士は、共晶材料にて貼り合わせることが好ましい。板状部材同士を共晶材料で貼り合わせることにより、第1の板状部材2から第2の板状部材3への熱伝導と電気伝導を良好にすると共に、冷却用流体の漏れがなく、耐熱性の高い接合が可能となる。第1の板状部材2と第2の板状部材の間の熱伝導が

良好であれば、これらの組み合わせによってヒートシンクを構成する上で有利である。また、第1の板状部材2と第2の板状部材の間の電気伝導が良好であれば、これらの組み合わせによって構成したヒートシンクを半導体チップへのリードとする際に有利である。

[0165] また、共晶材料は貼り合わせ面の全面、即ち、第1の板状部材2の第2の面22と第2の板状部材3の第1の面31の全面に形成することが好ましい。これにより共晶材料によって板状部材の表面を流体による腐食等から保護することができる。例えば、板状部材としては熱伝導率の高い銅等を用いることが好ましいが、銅は冷却水によって電解腐食等を起こしやすい。従って、板状部材の貼り合わせ面の全面を耐食性の高い共晶部材（例えば、Auを含む合金等）で覆うことにより、信頼性の高いヒートシンクとすることができる。また、一方の板状部材の表面を共晶材料で覆い、他方の板状部材の貼り合わせ面側に金属膜を形成する構成とすることもできる。つまり、板状部材に金属膜を形成することによって、板状部材の表面を保護すると共に共晶材料との接続を容易にすることができる。共晶材料としては、AuSn、AuSi、SnAgBi、SnAgCu、SnAgBiCu、SnCu、SnBi、PbSn、Inからなる群から選択される少なくとも1種を含む接着部材であることが好ましい。金属膜は接着部材である共晶材料との関係で濡れ性が良好な金属であれば特に限定されない。好ましい組み合わせとしては、共晶材料としてAuを含む合金（例えば、AuSn）を用い、金属膜としてAuもしくはAuを含む積層体を用いることができる。

[0166] また、本発明のヒートシンクは、2以上の発熱体1をアレイ状に実装することができる。本発明のヒートシンクを用いることにより、発熱体を複数実装しても十分な放熱を確保すると共に、冷却材などの流れ込みや、それによる板状部材のはがれ等を抑制することができる。またヒートシンクの同一面上に形成されるアレイ状の発熱体は電氣的に並列、及び／又は直列に接続されていてもよい。

[0167] さらに、発熱体は第1導電型層と第2導電型層とを有する半導体素子であることが好ましい。第1導電型がn型の場合、第2導電型はp型となる。またこの逆でもよい。本実施の形態では、第1の導電型層がヒートシンクに電氣的に接続され、第2導電型層がヒートシンク上に絶縁膜を介して形成された金属部材に電氣的に接続されている。

- [0168] また、本発明のヒートシンクは、2以上の発熱体1をアレイ状に実装することができる。本発明のヒートシンクを用いることにより、発熱体を複数実装しても十分な放熱を確保すると共に、冷却材などの流れ込みや、それによる板状部材のはがれ等を抑制することができる。またヒートシンクの同一面上に形成されるアレイ状の発熱体は電氣的に並列、及び／又は直列に接続されていてもよい。
- [0169] また、本発明の半導体装置は、例えば図18に示すように、ヒートシンク40を備えており、外側表面に設けられた供給口42及び排出口44を通じてヒートシンク40内部を冷却材が流れる構造となっている。発熱体である半導体素子46から発生した熱は、ヒートシンク40内を流れる冷却材によって好適に放熱される。ヒートシンク40は、例えば2以上の板状部材を貼り合わせて形成された積層板状部材であり、共晶材や濡れ性のよい金属膜を設けて強固に接着されているのでヒートシンク110内部で冷却水が漏れるということはない。また、本発明の発熱体を半導体発光素子、特に半導体レーザーとすれば、500nm以下の短波長領域においてレーザー発振する高出力のレーザー光源装置を得ることが可能となる。また本実施の形態は、発熱体が発光ダイオードや受光素子等である場合にも適用可能であることは言うまでもない。
- [0170] 本発明の実施形態により構成される半導体装置の一例としては、LED光源のユニットモジュール光源装置がある(図18)。該光源装置の外形は、ヒートシンク40とそれを固定する固定治具50と螺子48とから形成される。また、ヒートシンク40と固定治具50との間には、ヒートシンク40の供給口及び排出口と、固定治具50の供給口42及び排出口44とを水漏れなく連結させるための部材を用いても良い。この部材は、例えば樹脂であってもよく金属であってもよい。また、前記LED光源のユニットモジュール光源装置の外観は図18に示すような4角形でもよく、また図19に示すように3角形でも良い。なお、図18及び19において、電源からの電力供給配線は省略している。
- [0171] また、前記構成から成るLED光源のユニットモジュール光源装置を配列させて、超高出力化モジュール光源装置を構成することが出来る。図20には超高出力化モジュール光源装置を示す。図20に示すように、例えばLED光源のユニットモジュール光源装置52の外観が4角形の場合は、光源装置52をアレイ状もしくはマトリクス状に配列させることにより、更なる高出力光源を構成することが出来る。この場合、ユニットモ

ジュール光源装置52の冷却材の供給口及び排出口は、ユニットモジュール光源装置52同士の間で直列又は並列に連通させることが好ましい。即ち、ユニットモジュール光源装置52の間で供給口同士又は排出口同士を連通させても良い。また、これに代えて、あるユニットモジュール光源装置52の排出口を次のユニットモジュール光源装置の供給口に接続し、これを繰り返しても良い。また前記LED光源のユニットモジュール光源装置52の外観が3角形の場合は、図21に示すように、3角形の辺同士が重なるように順次円環状に配列することにより、全体として多角形となるように配置しても良い。こうした配列を採用することにより、小面積でありながら更なる高出力化を図った光源を構成することが出来る。なお、超高出力化モジュール光源装置は、それを構成するユニットモジュール光源装置間の供給口及び排出口とを水漏れなく連結させるための部材を用いても良い。この部材は、例えば樹脂や金属である。これにより、アレイ状またはマトリクス状または円形状に配列されてなる水路の直列結合において、高い水圧が必要になった場合であったとしても水漏れを防ぐことが可能となる。

実施例

[0172] 以下、本発明に係る発光装置について実施例を挙げて説明するが、この実施例に限定されるものではない。また、各図面に示す部材の大きさや位置関係などは説明を明確にするために誇張しているところがある。なお、以下の実施例における発光装置において、半導体発光素子へ電力を供給するための導体配線および導電性ワイヤの材料、形状および配置は、種々の形態とすることができ、本明細書中では簡単のため、その説明および図示は省略しているところもある。

[0173] [実施例1]

図1は、本実施例にかかる発光装置の模式的な断面図を示す。本実施例にかかる発光装置100は、冷媒の流路105を有する放熱部材102と、複数の半導体発光素子104がマトリクス状に配列されて実装される凹部106を有する支持部材103とを備える。さらに、上記放熱部材102のうち、発光装置100から出射される光が観測される面に対して光変換部材101が塗布されている。

本実施例における半導体発光素子104の発光ピーク波長は、365nmとする。また、光変換部材101は、白色系の光を発するように、上述した蛍光体から適宜選択し、

混合させたものを含有させてある。放熱部材102は、その材料を石英ガラスとし、流路105に冷媒を供給するための供給口および排出口(図示せず)を有する。また、支持部材103は、無酸素銅からなる板材に加工を施し、凹部106が形成されている。

以上のように形成された発光装置100を水冷治具に実装し、冷媒として純水を供給口から発光装置内の流路へ導入する。

本実施例にかかる発光装置に冷却水を循環させ、60秒電力を供給し、発光素子が発する光密度を $4.9\text{W}/\text{cm}^2$ としたところ、出力の減少は確認されない。

次に、発光素子の光密度に対する光変換部材の温度、発光装置の光出力を測定した。光変換部材の温度は、光変換部材にサーミスタを挿入して測定した。その結果を表1に示す。ここで、図5(a)は、発光装置に電力を60秒だけ供給したことを模式的に示す。また、図5(b)は、本実施例にかかる発光装置の相対的な出力の経時変化を模式的に示す。本実施例により、発光素子からの光密度は、 $3.0\text{W}/\text{cm}^2$ 以上とすることができ、光変換部材の温度は、少なくとも 200°C 以下、好ましくは 120°C 以下、さらに好ましくは 100°C 以下に抑えられることが明らかになる。

本実施例のような発光装置とすることで、蛍光体を励起する発光素子からの光が短波長でかつ高密度な励起光であっても、蛍光体の自己発熱を無視できる程度に抑制し、光変換効率を最適に維持できる。したがって、本発明は、高輝度な発光をする発光装置とすることができる。

[0174] [実施例2]

流路に冷媒を供給しない他は、実施例1と同様に発光装置を形成する。この発光装置において、紫外線を発光する発光素子をマトリクス状に凹部内の第1の放熱部材に配列させ、その発光素子の約2mm直上に白色系を発光するように蛍光物質が含有された光変換部材部を載置する。発光素子の発光ピーク波長は、365nmとし、また蛍光体は、白色系の光を発するように、上述の蛍光体から適宜選択し、混合させた。放熱部材の材料は、石英ガラスとし、光変換部材は石英ガラスの発光観測面側表面に塗布した。光変換部材にサーミスタを挿入し、光変換部材部の温度を測定した。発光素子の光密度、発光素子への電力に対する光変換部材の温度、発光装置の光出力を測定し、その結果を以下の表に示す。また、図5(a)は、発光装置に電力を時

間60秒だけ供給したことを模式的に示す。また、図5(b)は、発光素子からの各光密度について、発光装置の相対的な光出力の経時変化を模式的に示す。また、図5(c)は、発光素子からの各光密度について、光変換部材の温度の経時変化を模式的に示す。

[0175] [表1]

光密度 [W/cm ²]	電力 [W]	光変換部材 の温度 [°C]
1.5	15	約60
2.7	30	約85
4.9	70	約120

電力が15Wのとき、光変換部材の温度は約60°Cであるが、図5(b)に示されるように、光出力は十分安定した。電力が30Wのとき、光変換部材の温度は約85°Cであるが、第2の光である白色光の出力は初期に若干減少するが十分安定した。電力が70Wのとき、光変換部材の温度は、電力投入して60秒後に約120°Cにまで達し、発光装置の出力光は、電力投入して60秒後、初期の75%程度の出力にまで減少したが、その後ある出力で安定する兆候を示した。

[0176] [実施例3]

図2は、本実施例にかかる発光装置200の模式的な断面図を示す。本実施例における放熱部材202は、平板状の金属材料とし、発光装置200の発光観測方向から見て、マトリックス状に配列された複数の貫通孔を有する。さらに、光変換部材201は、その放熱部材202のうち、半導体発光素子104からの光が照射される側の面、貫通孔および発光観測面に形成されている。したがって、光変換部材201の中に、放熱部材202が網目状に張り巡らされている状態となっている。また、発光観測方向から見て、放熱部材202あるいは光変換部材201の周辺部は、支持部材103に対して熱的に接続されている。以上のようにする他は、実施例1と同様に発光装置を形成する。本実施例のように構成することにより、実施例1とほぼ同等の効果が得られるだけでなく、光変換部材の中央部から周辺部方向への放熱が促進され、高出力な発光装置とすることができる。

[0177] [実施例4]

図3は、本実施例にかかる発光装置300の模式的な断面図を示す。本実施例における光変換部材301および放熱部材302は、ともに透光性部材303の上面および下面のうち、発光装置300からの発光が観測される上面側に配置されている。ここで、本実施例における透光性部材303とは、少なくとも半導体発光素子104からの光を透過させる平板状の材料であり、その具体的な材料は、例えば、ガラスや透光性樹脂等である。また、光変換部材301は、上記透光性部材303を透過してくる発光素子104からの光が照射される領域、すなわち凹部106の開口部の大きさに合わせて形成されている。また、放熱部材302は、その内部に冷媒の流路105を有し、光変換部材301の外縁部を取り囲むように形成されている。ここで、放熱部材302内部の冷媒の流路105は、光変換部材301を取り囲むように形成される。さらに、発光観測方向から見て、透光性部材303の周辺部は、少なくとも支持部材103と接する部分にフィルターを含有させ、熱伝導性が良くしてもよい。以上のようにする他は、実施例1と同様に発光装置を形成する。本実施例のように構成することにより、実施例1とほぼ同等の効果が得られ、発光装置から出射する光の光学特性に放熱部材が影響を及ぼすことがなくなり、さらに高出力な発光装置とすることができる。

[0178] [実施例5]

図4は、本実施例にかかる発光装置400の模式的な断面図を示す。本実施例における発光装置400は、半導体発光素子104が載置された支持部材103の凹部106の開口方向に、曲面状とされた放熱部材402を有し、その放熱部材402の内壁面（発光素子104からの光を受ける面）に光変換部材401が塗布されている。また、放熱部材402の端部は、支持部材103と熱的に接続させ、他の端部は、発光装置の出力光が通過できるように、支持部材103から離間させておく。このように構成することにより、半導体発光素子104からの光（例えば、図中、破線で示される。）は、光変換部材401に入射され、蛍光体により波長変換された光が放熱部材402の内壁面にて反射されて発光装置400から出力される（例えば、図中、実線で示される。）。以上のようにする他は、実施例1と同様に発光装置を形成する。本実施例により、実施例1とほぼ同等の効果が得られ、蛍光体により波長変換された光を所望の方向に出射する発

光装置とすることができる。

[0179] [実施例6]

図6は、本実施例にかかる発光装置の模式的な斜視図および部分断面図を示す。また、図7は、本実施例にかかる発光装置の各構成部材を示す模式的な斜視図であり、図8は、図6のX-Xにおける発光装置の断面図である。

本実施例にかかる発光装置100は、第1の流路112を有する第1の放熱部材115と、発光素子201に電力を供給する支持基板108とが絶縁性部材107を介して積層されており、さらに、上記支持基板108に対して、第2の流路113を有する第2の放熱部材109が積層されている。第2の放熱部材109は、その発光観測面側主面に、蛍光体を含む光変換部材101が被着されている。また、上記流路に冷媒を流入させるための供給口、および上記流路から発光装置の外部へ冷媒を放出させるための排出口が、第1の放熱部材115の主面側、すなわち発光装置100の実装面側に形成されている。絶縁性部材107と支持基板108は、主面方向に貫通孔を有し、その貫通孔が上記供給口および排出口と対向され、上記第1の流路112と第2の流路113を連絡する第3の流路110とされている。また、支持基板108は、載置された半導体発光素子を包囲するような貫通孔が形成されており、貫通孔の内壁面は、発光素子からの光を発光観測面方向に反射させるようにテーパ形状とされている。

複数の発光素子201は、マトリクス状に凹部内の第1の放熱部材に配列され、白色系を発光するように蛍光物質が含有された光変換部材部を第2の放熱部材に載置する。本実施例における発光素子の発光ピーク波長は、365nmとし、また蛍光体は、白色系の光を発するように、上述した蛍光体から適宜選択し、混合させた。第2の放熱部材の材料は、石英ガラスとし、光変換部材は石英ガラスの発光観測面側表面に塗布する。以下、本実施例にかかる発光装置の形成方法について詳述する。

まず、発光素子を冷却するための第1の放熱部材115を形成する。無酸素銅からなる板材に加工を施し、図7に示すように、第1の板状部材115a及び第2の板状部材115bとする。第1及び第2の板状部材の板厚は、それぞれ200 μ mとする。また、第1の板状部材115aは、固定のための螺子穴が四方に形成され、半導体発光素子を載置する主面に対向する側の面に、第3の流路の側壁となる貫通孔を形成する。

一方、第2の板状部材115bには、図2に示されるように、螺子穴を四方向に形成した後、第1の流路112を形成する凹凸形状および冷媒を発光装置内へ導入するための供給口と、発光装置外へ冷媒を放出させるための排出口を形成する。さらに、第1および第2の板状部材の対向する主面に、Au及び／又はAuとSnの合金層を形成する。その後、窒素ガス雰囲気中にて300〜400℃の熱処理を施し、第1および第2の板状部材を貼り合わせ、板材が積層された第1の放熱部材115とする。なお、第1の流路は、第1の板状部材と第2の板状部材の間隙に上記凹凸形状により形成される。

次に、光変換部材が被着され、該光変換部材を冷却する第2の放熱部材109を形成する。第2の放熱部材109の材料は、少なくとも半導体発光素子の発光の主波長に対して透光性を有する材料、好ましくは半導体発光素子の光と蛍光体の光に対して透光性を有する材料である。例えば、合成石英、透光性樹脂を二枚の板材109a、109bとし、該板材の少なくとも一方の主面に凹凸形状、供給口および排出口を形成する。その後、溶着等により板材同士を貼り合わせ、第2の放熱部材109とする。

さらに、実装される発光素子を冷却する第1の放熱部材115と、絶縁性部材107と、支持基板108と、光変換部材が被着される第2の部材109とを順に積層する。このとき、絶縁性部材107には、予め貫通孔が形成されており、第1および第2の放熱部材の供給口と排出口がそれぞれ対応するように、各部材の開口部の位置決めを行う。また、絶縁性部材107は上面と下面とが電氣的に絶縁されており、上記螺子穴と対応する螺子穴が設けられている。さらに、絶縁性部材107に設けられた貫通孔の開口部の口径は、第1あるいは第2の放熱部材に形成された供給口および排出口の口径より若干大きくされ、開口部は、オーリングがされていることが好ましい。オーリングは、ゴム、シリコーン樹脂のような弾性体がリング状に形成された部材を貫通孔に嵌め込むことによりなされる。これにより、発光装置から冷媒が漏れ出すことを防止することができる。以上のようにして、半導体発光素子が載置される支持体が形成される。

半導体発光素子は、導電性接着剤介して第1の放熱部材115に実装される。第2の放熱部材109は、発光観測面側上面に、蛍光体が透光性樹脂にて固着された光変換部材101が被着される。半導体発光素子は、Au-Snを接着剤として、第1の放

熱部材115と支持基板108により形成される凹部111内に実装される。このとき、上述の銅を主成分とする板材の接合に使用されるAu-Snの共晶温度と比較して、半導体発光素子を実装する際に使用されるAu-Snの共晶温度が低くなるようにする。これにより、板材の剥離を防止することができる。

以上のように形成された発光装置100を水冷治具に実装し、冷媒として純水を供給口から発光装置内の流路へ導入する。例えば、図8中に矢印として示されるように、供給口から発光装置に連続して供給される純水は、第1の流路112と、第3の流路110を経由して第2の流路に流入するものとに分流され、分流された純水は、排出口付近で再び合流して発光装置100の外部に排出される。このように発光装置内に純水を循環させても、上述したように、本実施例にかかる発光装置は、Au-Snを接着剤として部材同士を接合し、オーリングを有することにより、ヒートシンクから冷媒が漏れることはない。

本実施例にかかわる発光装置に冷却水を循環させ、60秒電力を供給し、発光素子が発する光密度を $4.9\text{W}/\text{cm}^2$ としたところ、出力の減少は確認されない。

次に、発光素子の光密度に対する光変換部材の温度、発光装置の光出力を測定した。光変換部材の温度は、光変換部材にサーミスタを挿入して測定した。本実施例により、発光素子からの光密度は、 $3.0\text{W}/\text{cm}^2$ 以上とすることができ、光変換部材の温度は、少なくとも 200°C 以下、好ましくは 120°C 以下、さらに好ましくは 100°C 以下に抑えられることが明らかになった。

本実施例のような発光装置とすることで、蛍光体を励起する発光素子からの光が短波長でかつ高密度な励起光であっても、蛍光体の自己発熱を無視できる程度に抑制し、光変換効率を最適に維持できる。したがって、本発明は、高輝度な発光をする発光装置とすることができる。

[0180] [実施例7]

厚みで $200\mu\text{m}$ の無酸素銅からなる第1の板状部材及び第2の板状部材を、図14、図15に示すように加工を施す。第1の板状部材には螺子穴を四方に形成し、発熱体を形成する第1の面に対向した第2の面には凹凸加工をしている(図14)。第2の板状部材にも螺子穴を四方に形成し、また流体を導入する供給口と排出口を形成する

(図15)。これらの部材の形成面には、Au層、及び／又はAuSn層を形成する。その後、 N_2 ガス雰囲気中にて300℃～400℃の熱処理を施し貼り合わせて積層板状部材を形成する。この積層板状部材には発熱体をAuSn等の接着部材を使用して実装する。このとき、銅薄板に施すAuSnの共晶温度に比べ、発熱体を実装する際に用いるAuSnの共晶温度が低くなるよう、AuSn重量比を制御しておくことで、発熱体を接合する際のヒートシンクの剥離を抑制できる。このような発熱体を形成したヒートシンクは、水冷治具に実装して流体として例えば純水等を循環させてもヒートシンクから流体が漏れることはない。

[0181] [実施例7-1]

ケミカルエッチング等により前記第1の板状部材の第2の面に、凹凸構造を施して積層板状部材を形成してなるヒートシンクにおいて、ヒートシンク上に□1mmの窒化物半導体から成るLED素子を21個実装し、開口径で8mm程度のLED光源を試作した。凹凸は凹部の幅200 μ m、深さ200 μ mであって、凸部の幅は800 μ mである。このLED光源を構成する21素子中の平均的な1素子のI-L特性と、従来受動的冷却手段により得られる1素子のIL特性を調べたところ、図22に示すように、○点で示す受動的冷却手段では0.3A～0.5Aからリニアリティが崩れる。これに対して、本実施例である能動的冷却手段においては、実線で示すようにLED素子が21個実装された半導体装置であっても0.5A以上にも及ぶリニアリティがとれていることが確認できた。また、図23に示すように、□1mmのLED素子を21実装した半導体装置から5Wattを超える光出力が得られた。素子間隔が200 μ m程度であって熱干渉を考慮したとしても、このような高密度実装でありながらリニアリティが良好な高輝度LED光源が得られた。

[0182] [実施例7-2]

本発明のヒートシンクに、LED素子を21個実装してなる半導体装置において、流体として循環冷却媒体である純水(温度25℃、流量0.4L/minの条件)を循環させて定電流駆動させた。その結果を図24、25に示す。

前記半導体装置は、純水(温度25℃、流量0.4L/minの条件)を循環させ、電流10.5A(1素子当たりの投入電流は0.5A)で定電流駆動させた(図24)。比較例とな

る受動的冷却方法では、点線で示すように1素子に0.5A投入した場合には、100時間経過後には出力が約10%低下することが推測されるが、本発明の能動的冷却手段を用いたヒートシンクに実装させた場合、発熱体であるLED素子の間隔が $200\mu\text{m}$ と高密度実装でありながらも100時間後の劣化はほとんど観測できなかった。このときの熱密度は約 $2\text{Watt}/\text{mm}^2$ であるが、 3Watt を超える光出力が得られた。

[0183] [実施例7-3]

また、本発明のヒートシンクにLED素子を21実装してなる半導体装置において、純水(温度 25°C 、流量 $0.4\text{L}/\text{min}$ の条件)を循環させ、電流 20A (1素子当たりの投入電流は 0.95A)で定電流駆動させた(図25)。受動的冷却方法では、1素子に 1A 投入した場合、10時間経過後には出力が約15%低下することが推測されるが、本発明の能動的冷却手段を用いたヒートシンクに実装させた場合、素子間隔が $200\mu\text{m}$ と高密度実装でありながらも、10時間後の劣化はほとんど観測できなかった。このときの熱密度は約 $5\text{Watt}/\text{mm}^2$ であるが、 5Watt を超える光出力が得られた。

[0184] [実施例7-4]

ヒートシンクに発熱体がマトリクス状に実装されたもの(以下、「系」という。)が、真空断熱空間に置かれており、ヒートシンク内に 25°C の冷却水が循環していると仮定してシミュレーションを行った。シミュレーション結果を図26に示す。図26(a)は、凸部を発熱体の中央と四隅に配置し、凸部の径を相対的に大きく設定したヒートシンクを用いたシミュレーションである(以下、単に「系(a)」という。)。図26(b)は、凸部を発熱体の中央に配置し、凸部の径を相対的に小さく設定したヒートシンクを用いたシミュレーションである(以下、単に「系(b)」という。)。図26(c)は、凸部が全くないように設定したヒートシンクを用いたシミュレーションである(以下、単に「系(c)」という。)。

図26(a)～(c)において、破線は冷却用流体の水圧分布を示す等高線である。図26(a)～(c)に示すように、系(c)より系(b)、系(b)より系(a)の方が、冷却用流体の水圧分布が流体の流れに対して垂直な等高線を形成しやすくなり、冷却用流体が流路全体に均一に流れやすくなる。これにより、系(a)のように凸部を設定したヒートシンクを用いた発光装置は、熱による特性ばらつきが抑制されることがわかる。

また、シミュレーションでは、 25°C の冷却水を絶えず循環させているので、系の最低

温度が25℃以上となるならばヒートシンクに熱が蓄熱される。すなわち実際には、系外部の材料へ放熱されるためパッケージの温度が上昇することが推測できる。図27及び28は、系(a)～(c)の最低温度、最高温度と冷却水の流量の関係を示すグラフである。ここで系の「最低温度」とは、系中で一番低い温度を指し、「最高温度」とは、系中で一番高い温度、すなわち発熱体自身の温度を指す。

図27及び28に示すように、系(a)のように凸部を設定したヒートシンクを用いた発光装置は、冷却水の流量が小さい場合でも、系の最低温度および最高温度が低く維持されており、系外部の材料への熱の流出を抑制して熱平衡状態に導くことが可能である。

また、系の最高温度から計算される熱抵抗と流量の関係を図29に示す。系(a)のように凸部を設定したヒートシンクを用いた発光装置は、流量0.3～0.7L/minにおいて0.5℃/Watt以下という熱抵抗を得ることができる。これは、非常に凝縮された熱密度の高い熱量を排熱することができることを表す。

従って、本実施例の系(a)のような構成を有する発光装置とすることで、100Wattを超える電力を連続的に投入しても素手で持つことが可能である高出力な発光装置とすることができる。

産業上の利用可能性

[0185] 本発明の発光装置は、蛍光灯等の一般照明、信号機用、車載照明、液晶用バックライト、ディスプレイ等の発光装置、特に、半導体発光素子を用いる白色系及び多色系の発光装置に利用することができる。

また、本発明は、放熱性に優れ、蛍光体の劣化もないため、信頼性が高く高出力な光を発する照明装置として利用することができる。

さらに、本発明は、半導体発光素子や半導体受光素子、又は半導体デバイス等の発熱体を形成したヒートシンク、並びにこれを備えた半導体装置として利用することができる。

請求の範囲

- [1] 発光素子と、該発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し異なる波長を有する光を発する蛍光物質を含有する光変換部材とを備える発光装置であって、
該発光装置は、前記発光素子の方から見て前記光変換部材を備える側に、さらに放熱部材を有することを特徴とする発光装置。
- [2] 前記放熱部材は、冷媒の流路を有する請求項1に記載の発光装置。
- [3] 前記放熱部材は、前記冷媒が導入される供給口と、前記流路を還流される冷媒が放出される排出口とを少なくとも一対有する請求項2に記載の発光装置。
- [4] 前記放熱部材は、少なくとも前記発光素子からの光を透過する材料、または、前記発光素子からの光と前記光変換部材が発する光の両方の光を透過させることのできる材料からなる請求項3に記載の発光装置。
- [5] 前記放熱部材は、2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成される放熱部材であり、
前記発光素子は、前記放熱部材の主面上に2次元状に配列するように複数実装され、
前記流路内において前記板状部材の表面に複数の凸部が形成され、前記複数の凸部の少なくとも一部は、前記発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成される請求項1に記載の発光装置。
- [6] 発光素子と、該発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し異なる波長を有する光を発する蛍光物質を含有する光変換部材と、放熱部材とを備える発光装置であって、
前記放熱部材は、冷媒の流路を有し、前記発光素子が載置される側にて第1の流路を有する第1の放熱部材と、前記発光素子からの光が照射される側にて第2の流路を有する第2の放熱部材とからなり、該第2の放熱部材は、前記光変換部材を有することを特徴とする発光装置。
- [7] 前記流路は、前記第1の流路と前記第2の流路とを連絡する第3の流路を有する請求項6に記載の発光装置。
- [8] 前記第1の放熱部材および／または前記第2の放熱部材は、前記冷媒が導入される供給口と、前記流路を還流される冷媒が放出される排出口とを少なくとも一対有す

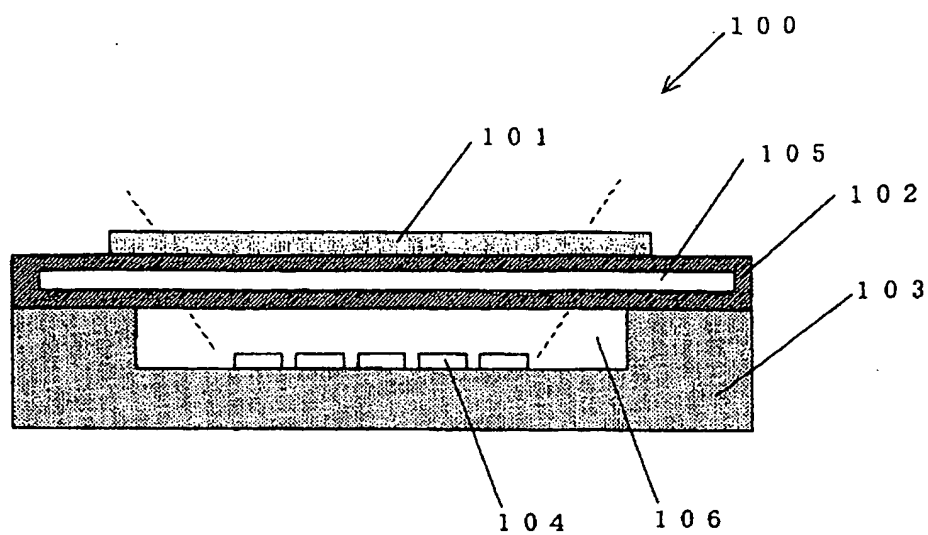
る請求項7に記載の発光装置。

- [9] 前記第1の放熱部材と、絶縁性部材と、支持基板と、前記第2の放熱部材とが積層されてなる請求項8に記載の発光装置。
- [10] 前記放熱部材は、前記供給口あるいは排出口を、少なくとも一方の主面側に有し、前記絶縁性部材と前記支持基板は、前記第3の流路の一部となるような貫通孔を有する請求項9に記載の発光装置。
- [11] 前記絶縁部材の少なくとも一方の主面にAu、Ag、Alから選択される少なくとも一種を含む導電性部材が被着されている請求項10に記載の発光装置。
- [12] 前記発光素子の一方の電極は、導電性ワイヤを介して前記絶縁性部材の少なくとも一方の主面に被着された導電性部材と電氣的に接続され、他方の電極は、前記第1の放熱部材とにそれぞれ電氣的に接続される請求項11に記載の発光装置。
- [13] 前記第2の放熱部材は、少なくとも前記発光素子からの光を透過する材料、または、前記発光素子からの光と前記光変換部材が発する光の両方の光を透過させることのできる材料からなる請求項12に記載の発光装置。
- [14] 前記第1の放熱部材および／または前記第2の放熱部材は、2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成される放熱部材であり、
前記発光素子は、前記第1の放熱部材の主面上に2次元状に配列するように複数実装され、
前記流路内において前記板状部材の表面に複数の凸部が形成され、前記複数の凸部の少なくとも一部は、前記発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成される請求項6に記載の発光装置。
- [15] 2枚の板状部材の間に冷却用流体を流す流路が形成される放熱部材と、前記放熱部材の主面上に2次元状に配列するように実装される複数の発光素子とを備える発光装置であって、
前記流路内において前記板状部材の表面に複数の凸部が形成され、
前記複数の凸部の少なくとも一部は、前記発光素子の間および略中央に中心が位置するように形成されることを特徴とする発光装置。
- [16] 前記複数の凸部は、前記流路の入口から出口に向かって最も近接する凸部同士を

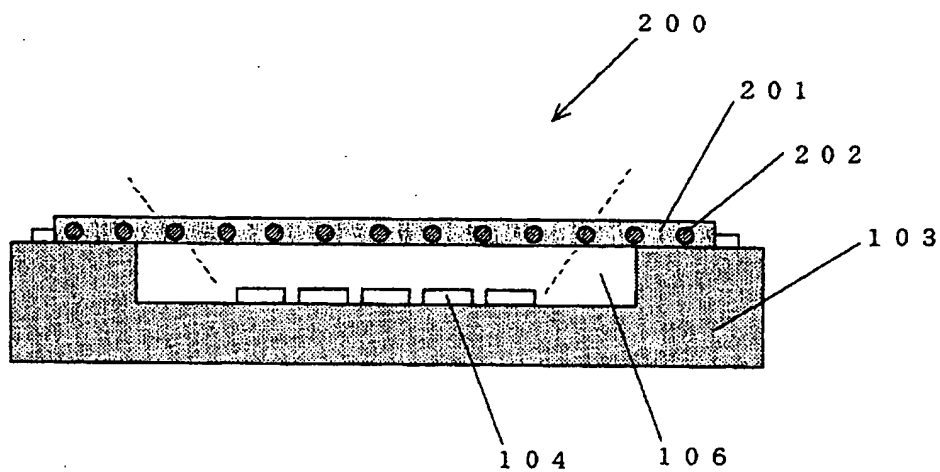
順次結んだ線分が屈曲を繰り返すように互いにずれて配置される請求項15に記載の発光装置。

- [17] 前記複数の凸部の少なくとも一部は、前記発光素子の間に中心が位置するように形成される請求項16に記載の発光装置。
- [18] 前記複数の凸部が各発光素子の略中央と頂点付近とに配置される請求項17に記載の発光装置。
- [19] 前記板状部材の貼り合わせ面が、Auを含む金属材料によって覆われている請求項18に記載の発光装置。

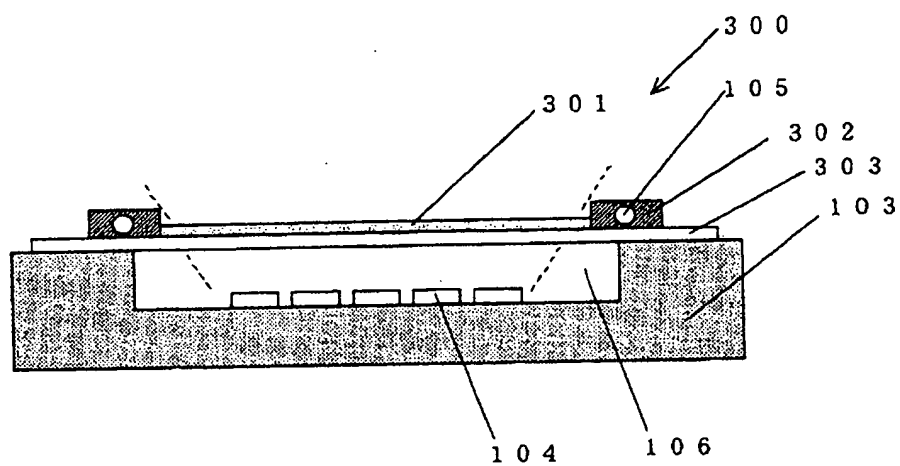
[図1]



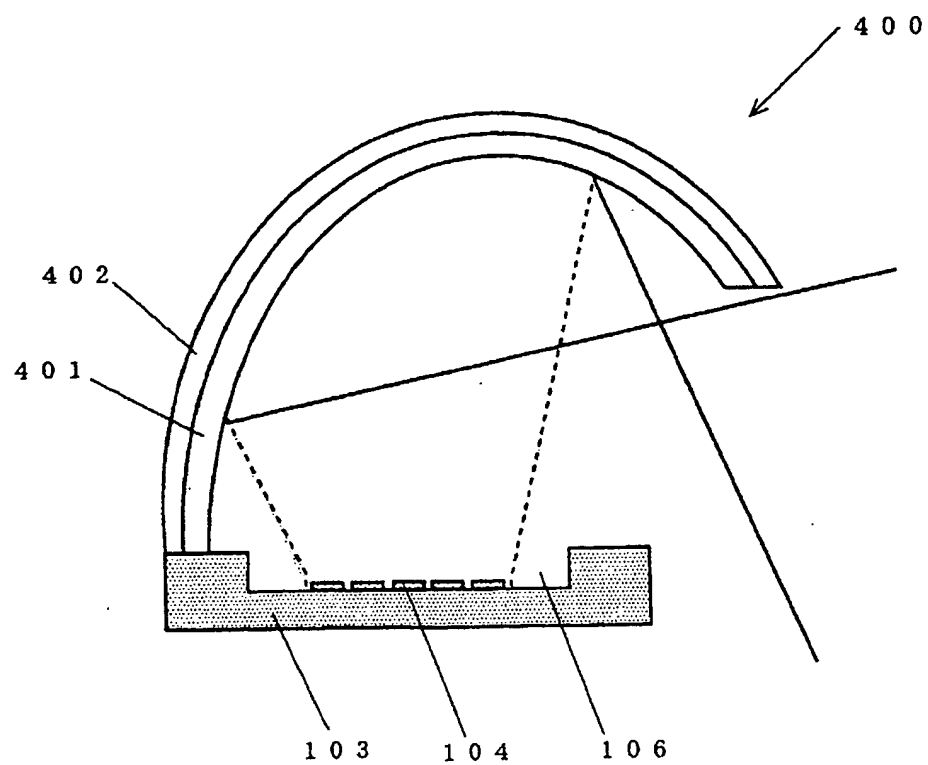
[図2]



[図3]

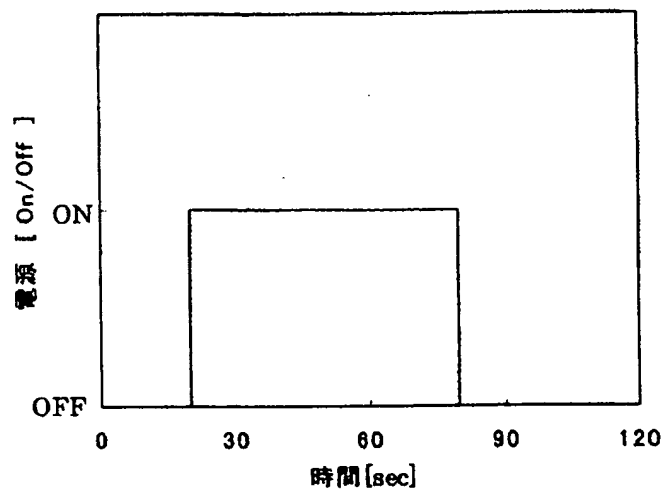


[図4]

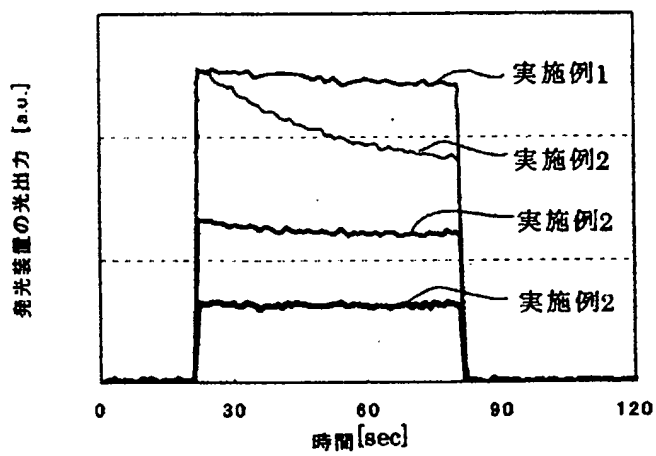


[図5]

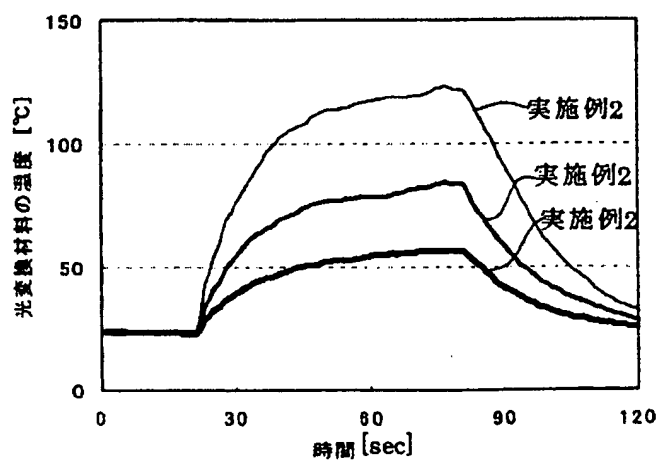
(a)



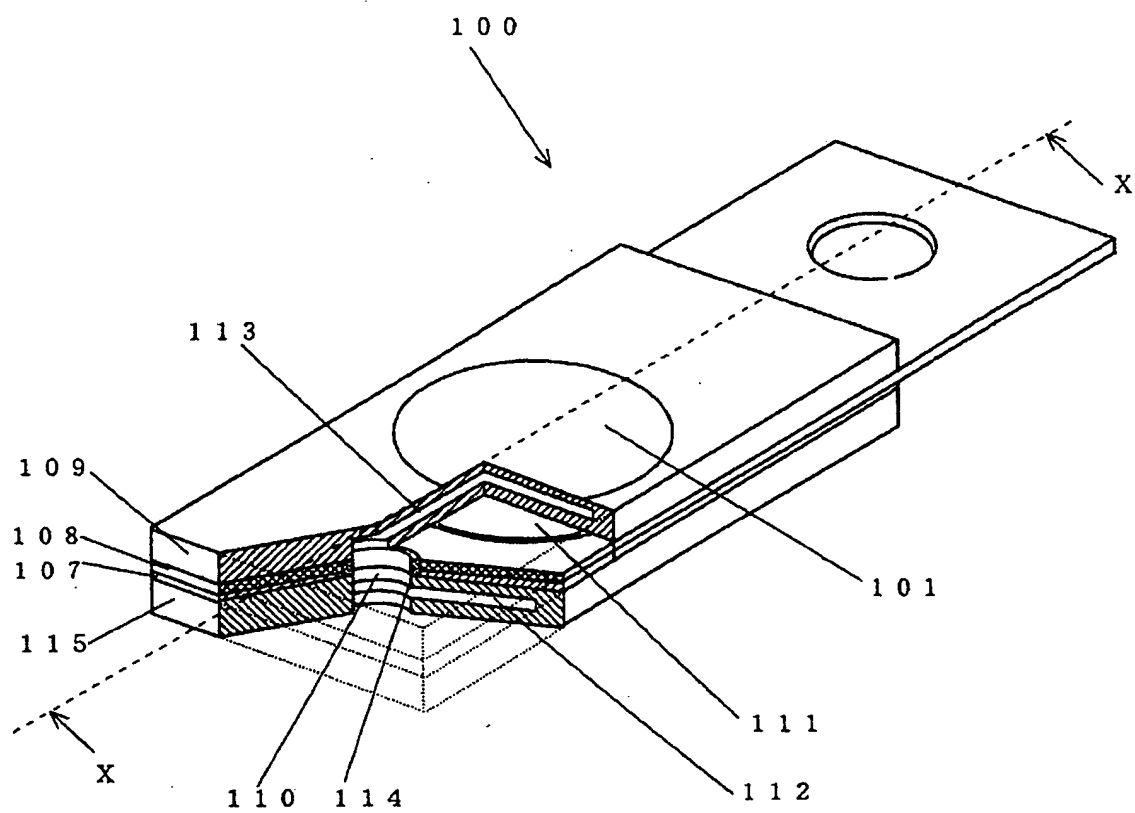
(b)



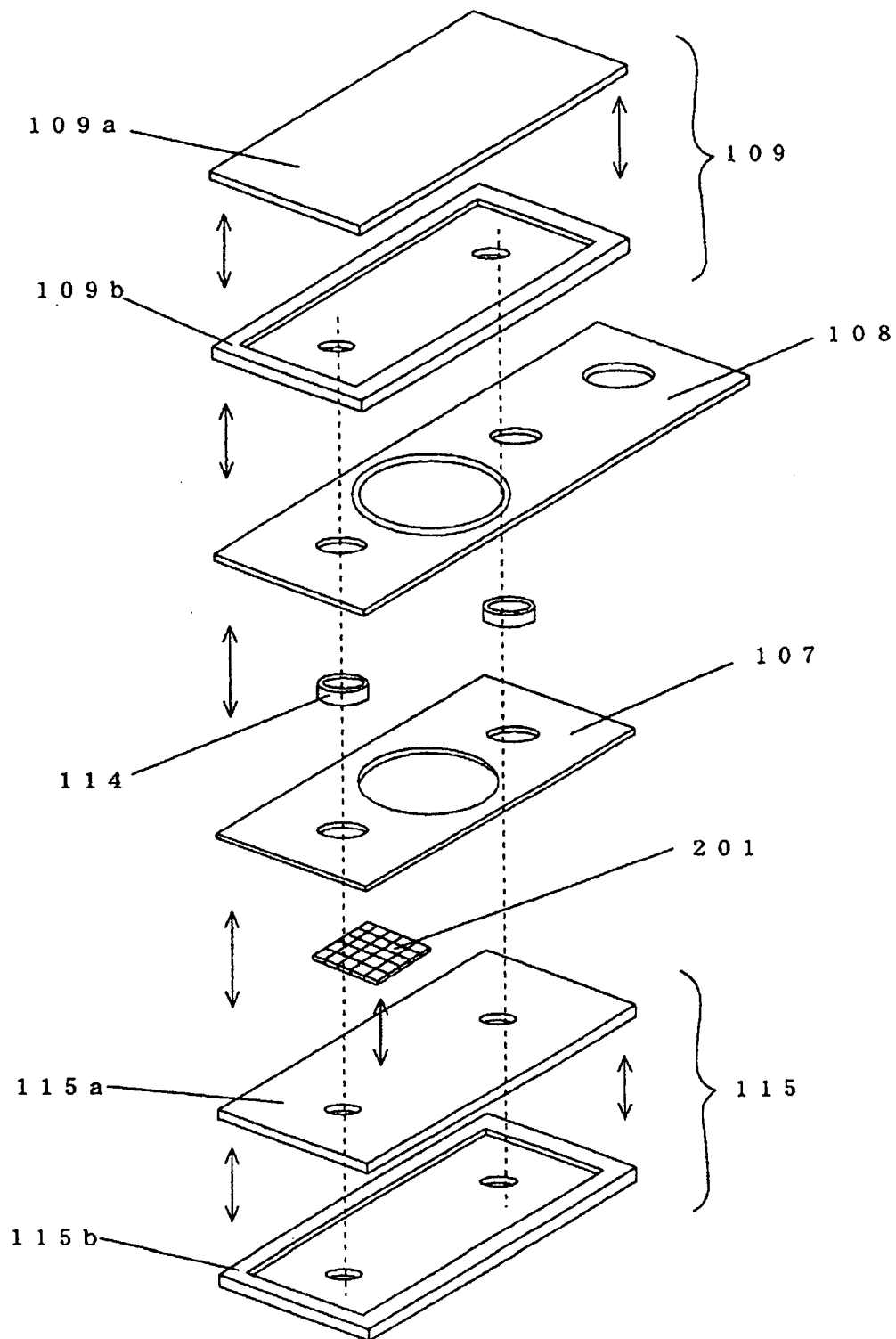
(c)



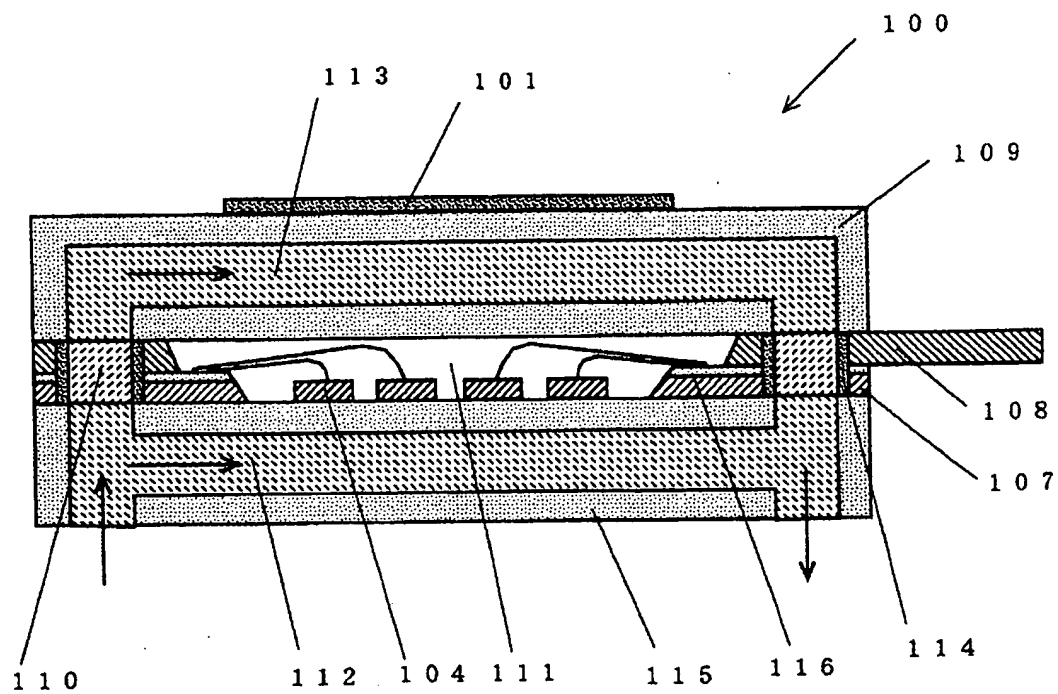
[図6]



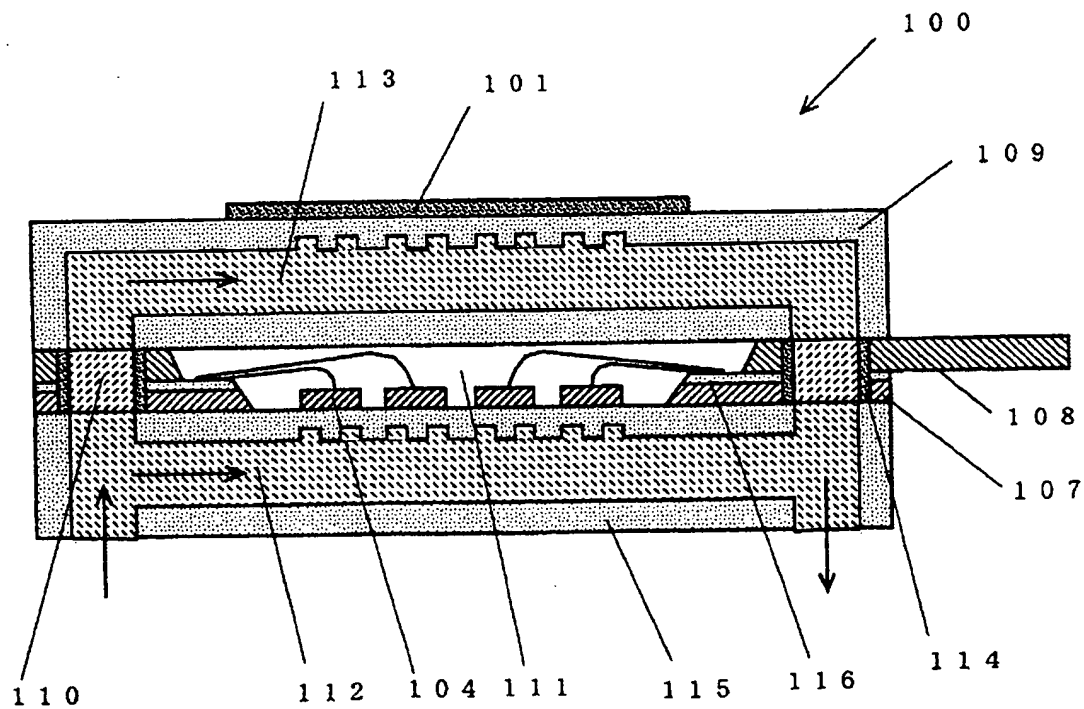
[図7]



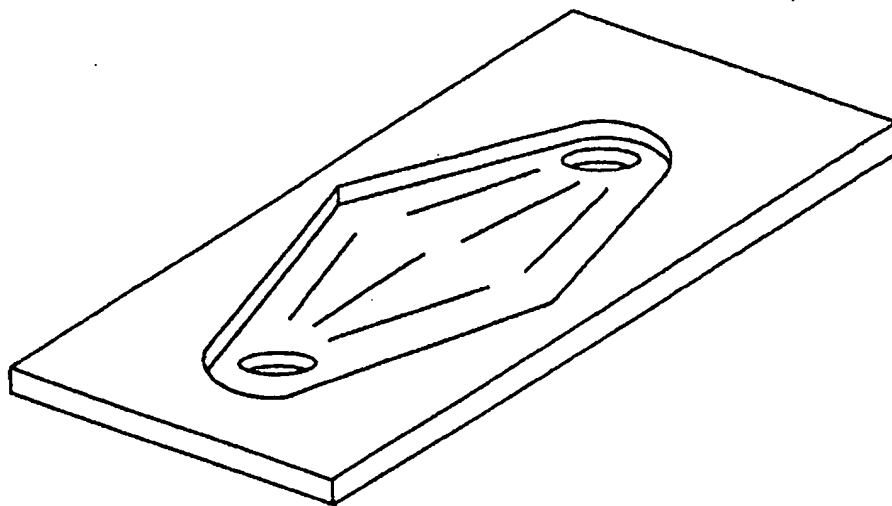
[図8]



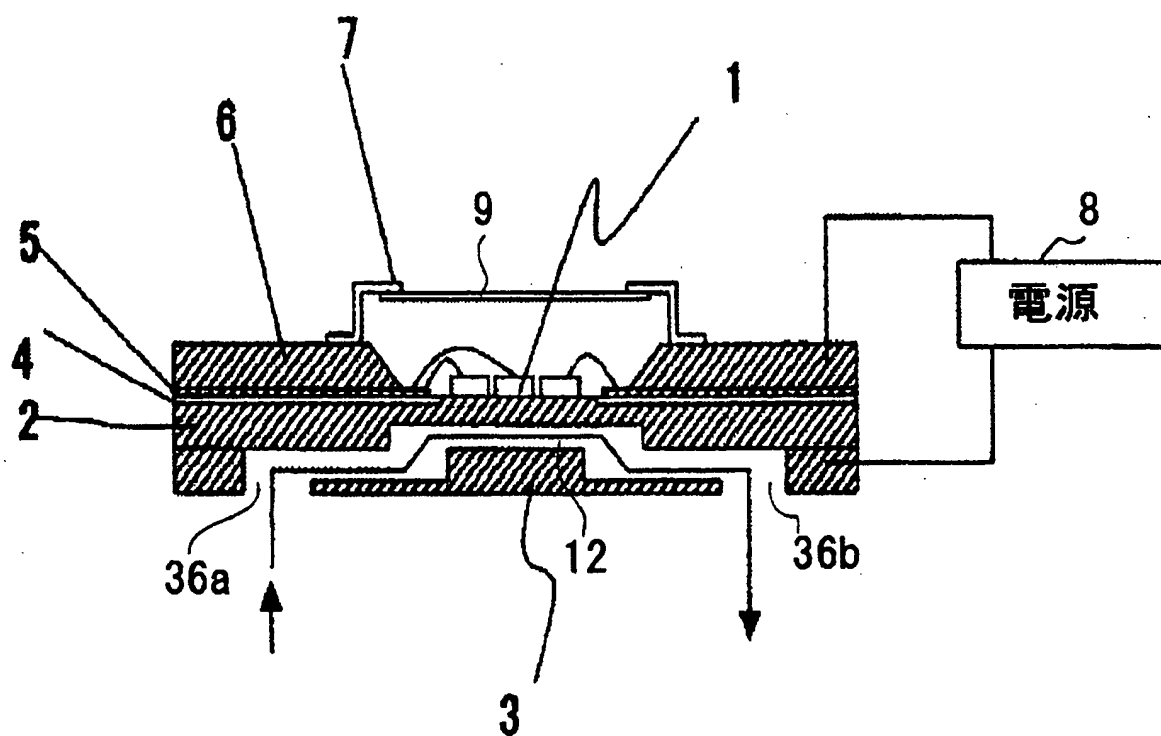
[図9]



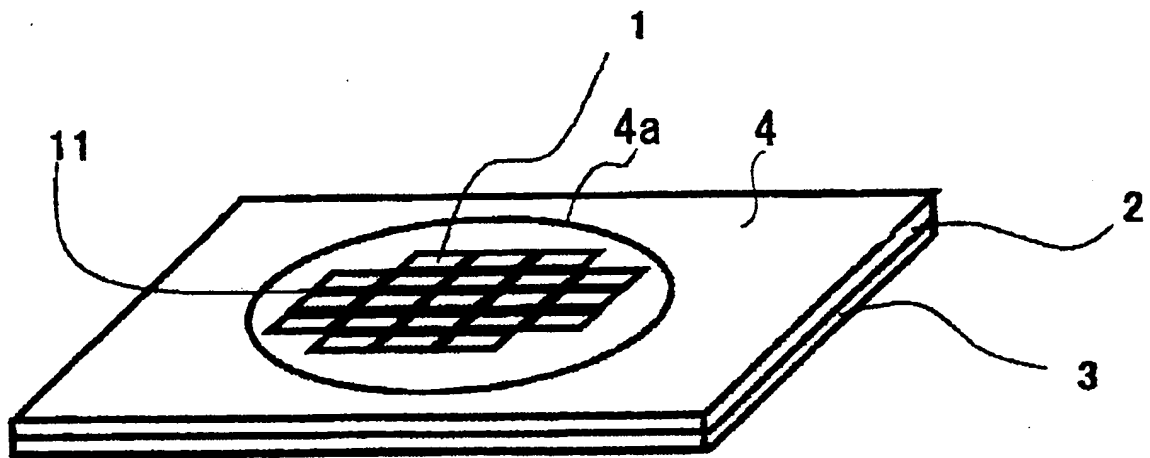
[図10]



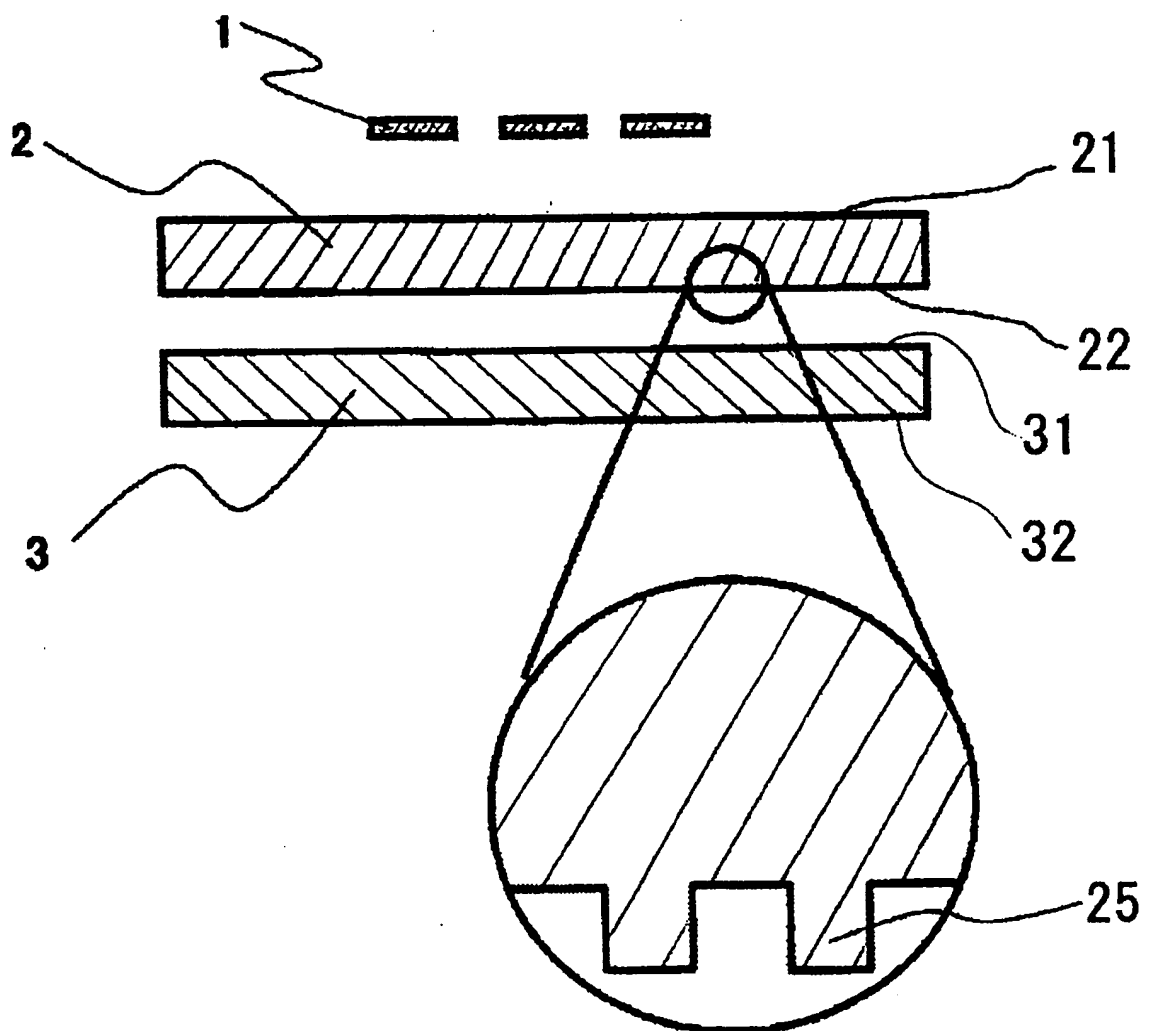
[図11]



[図12]

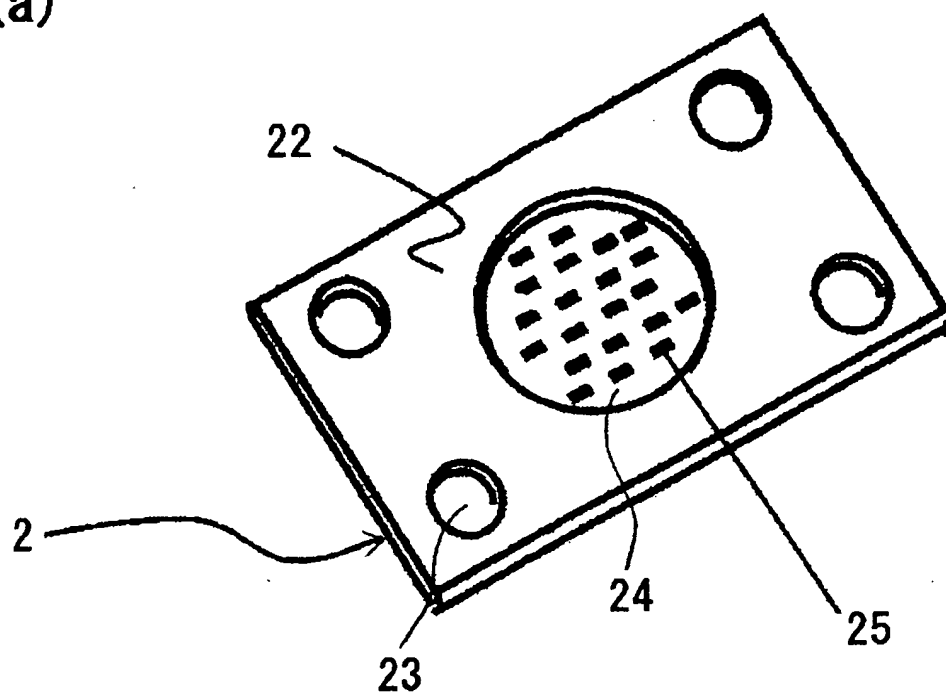


[図13]

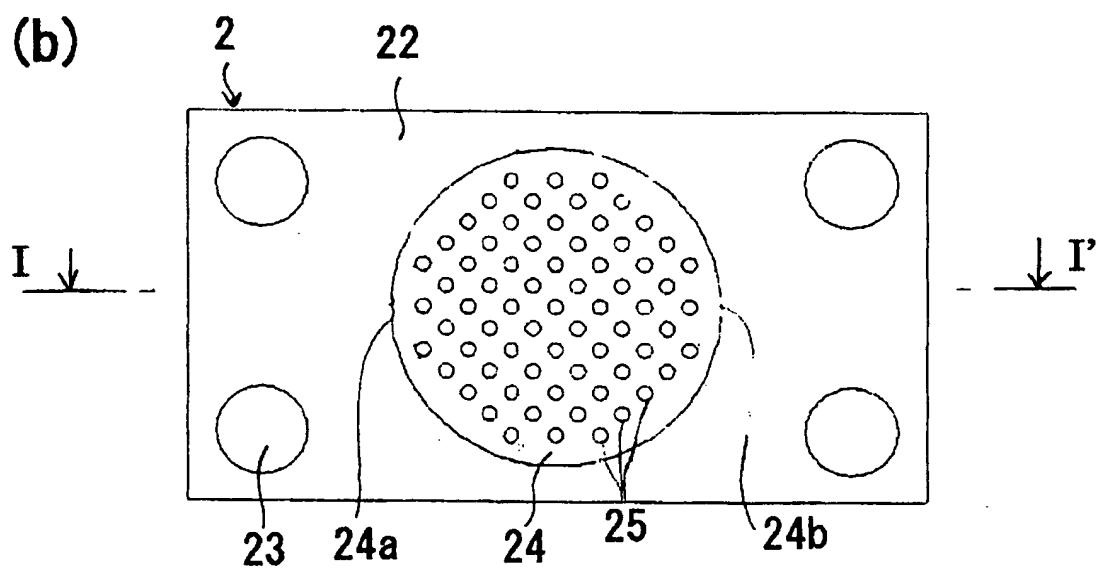


[図14]

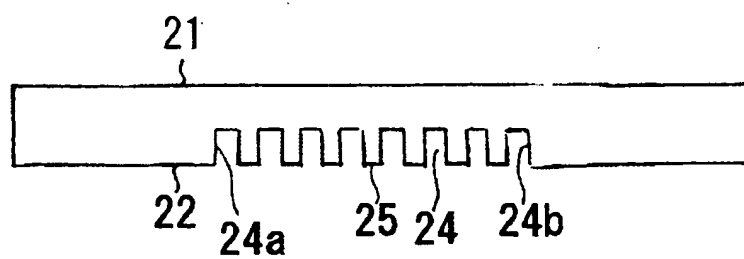
(a)



(b)

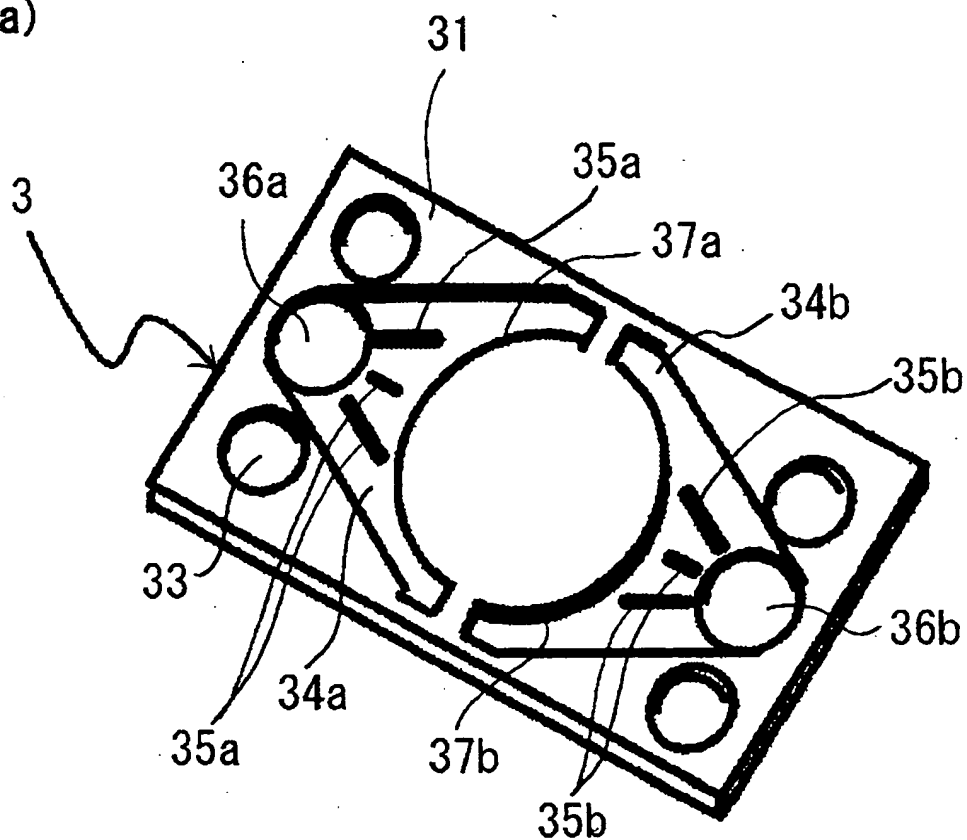


(c)

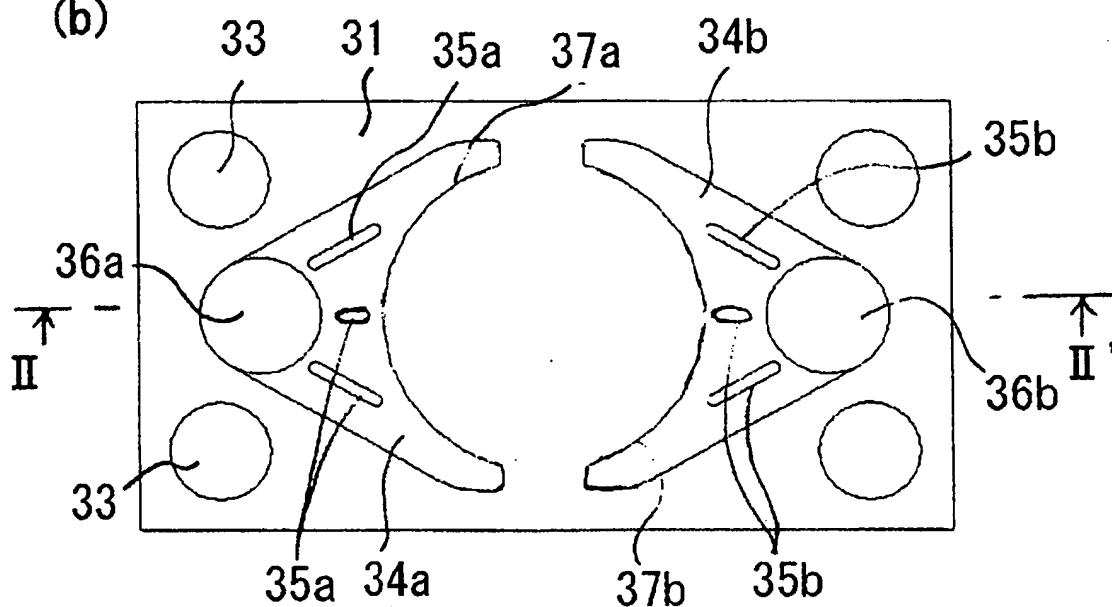


[図15]

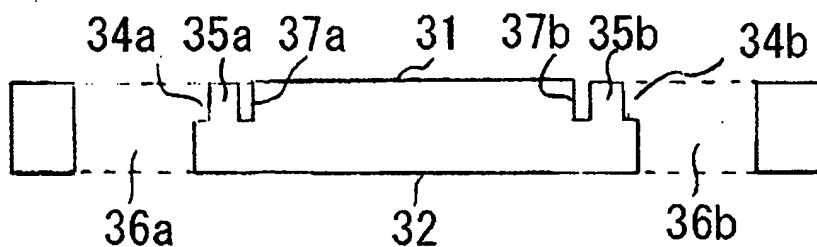
(a)



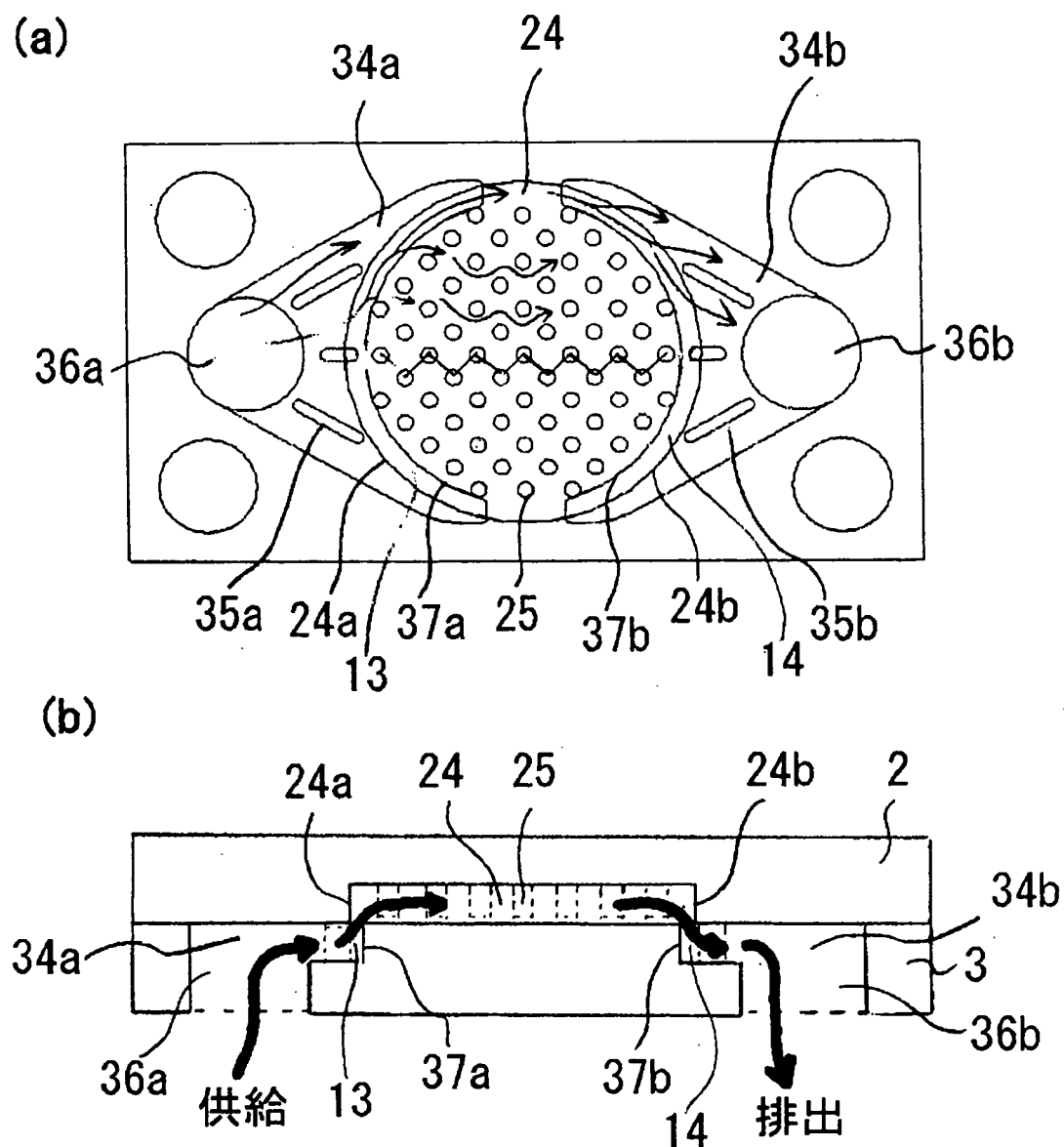
(b)



(c)

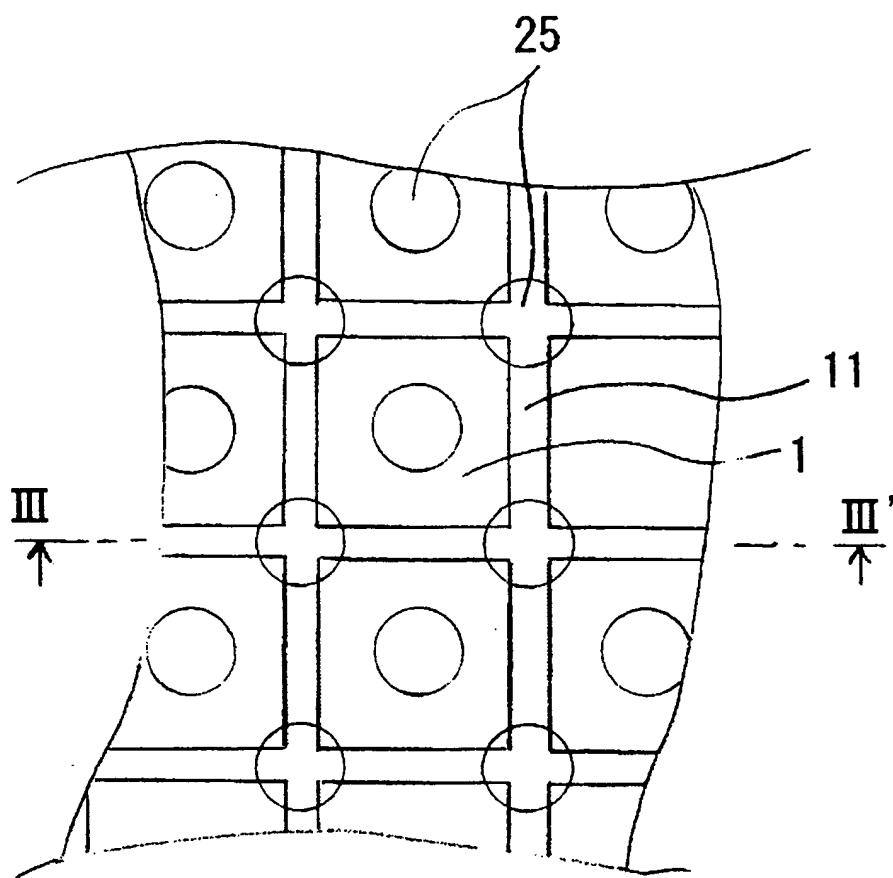


[図16]

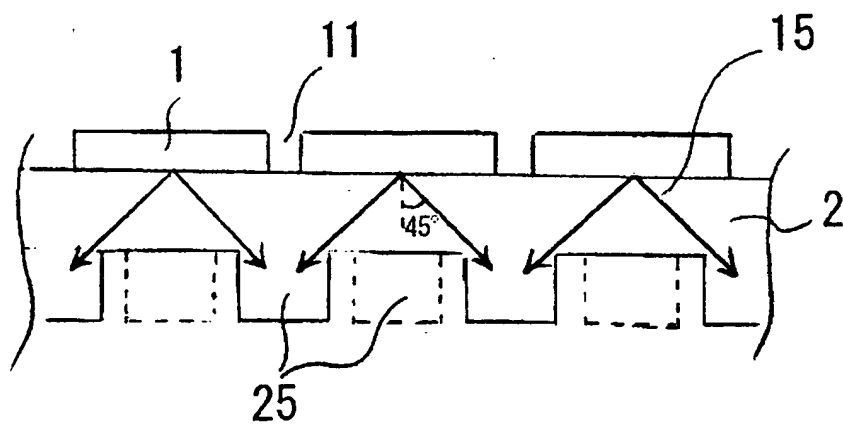


[図17]

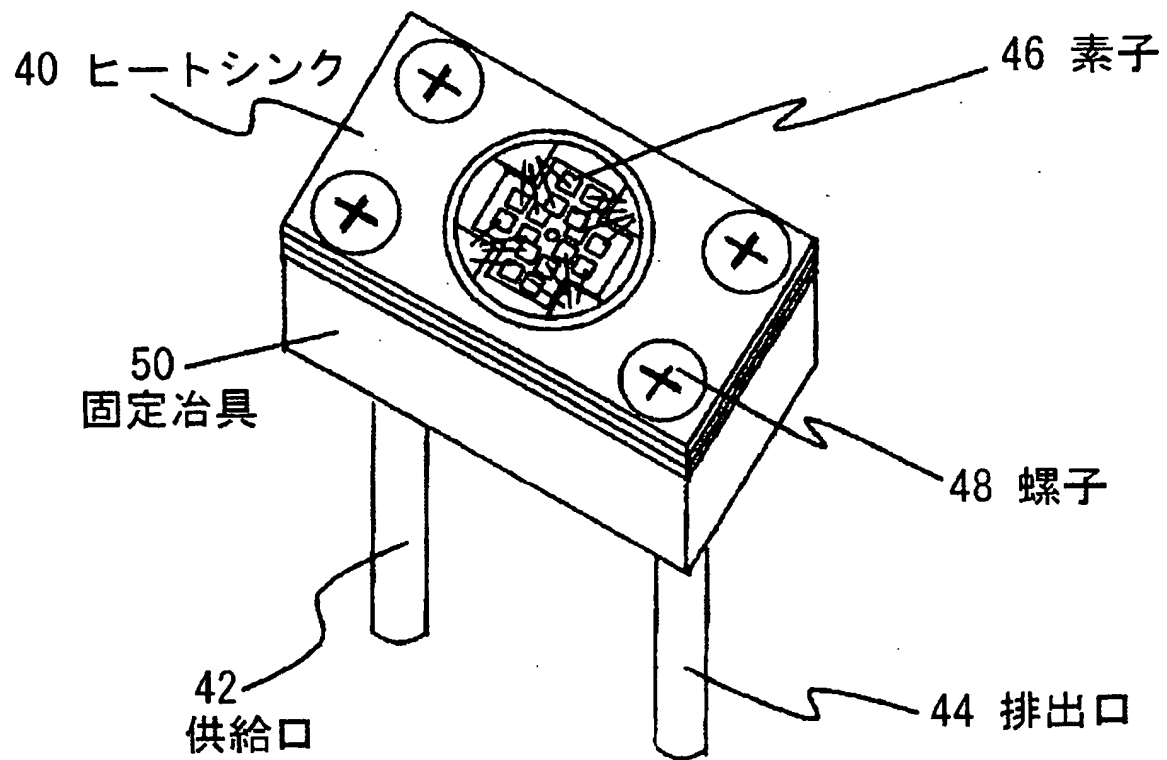
(a)



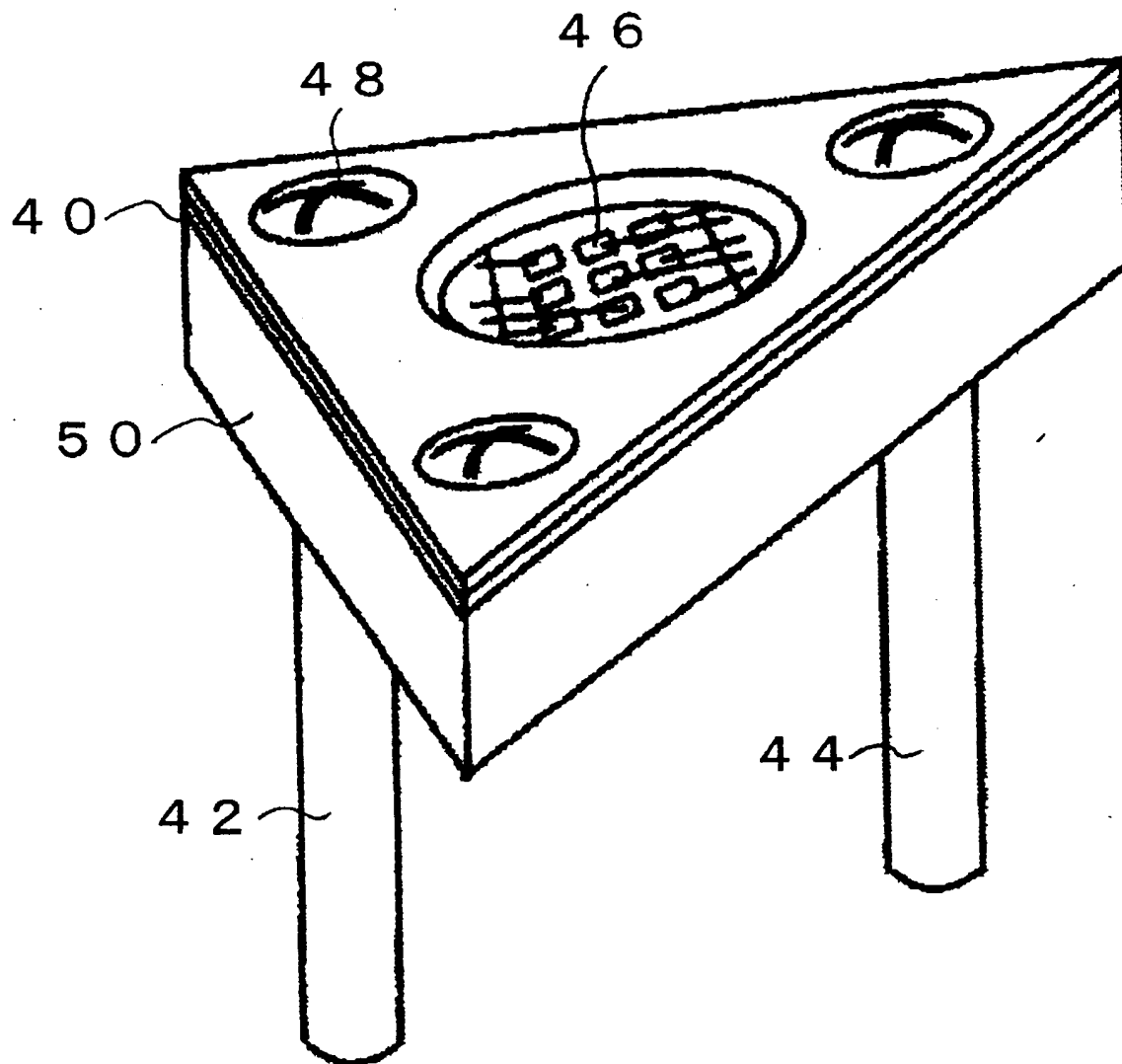
(b)



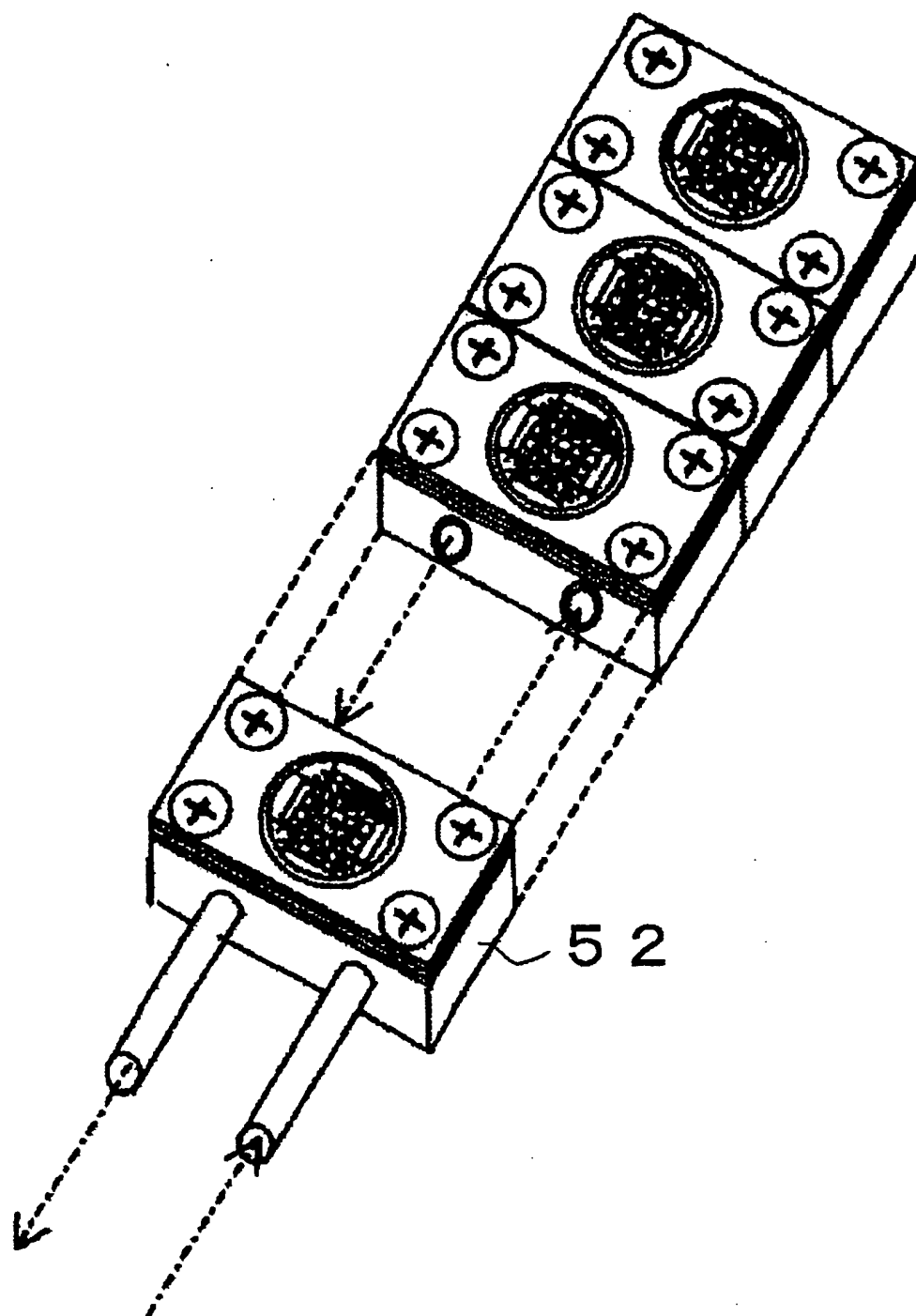
[図18]



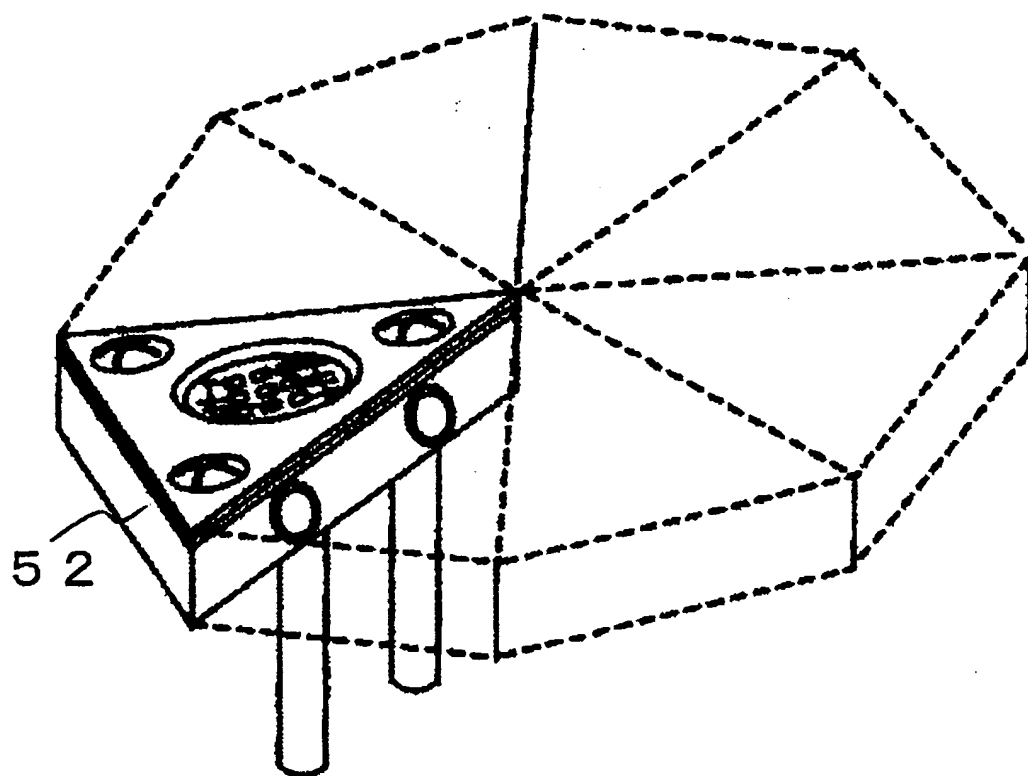
[図19]



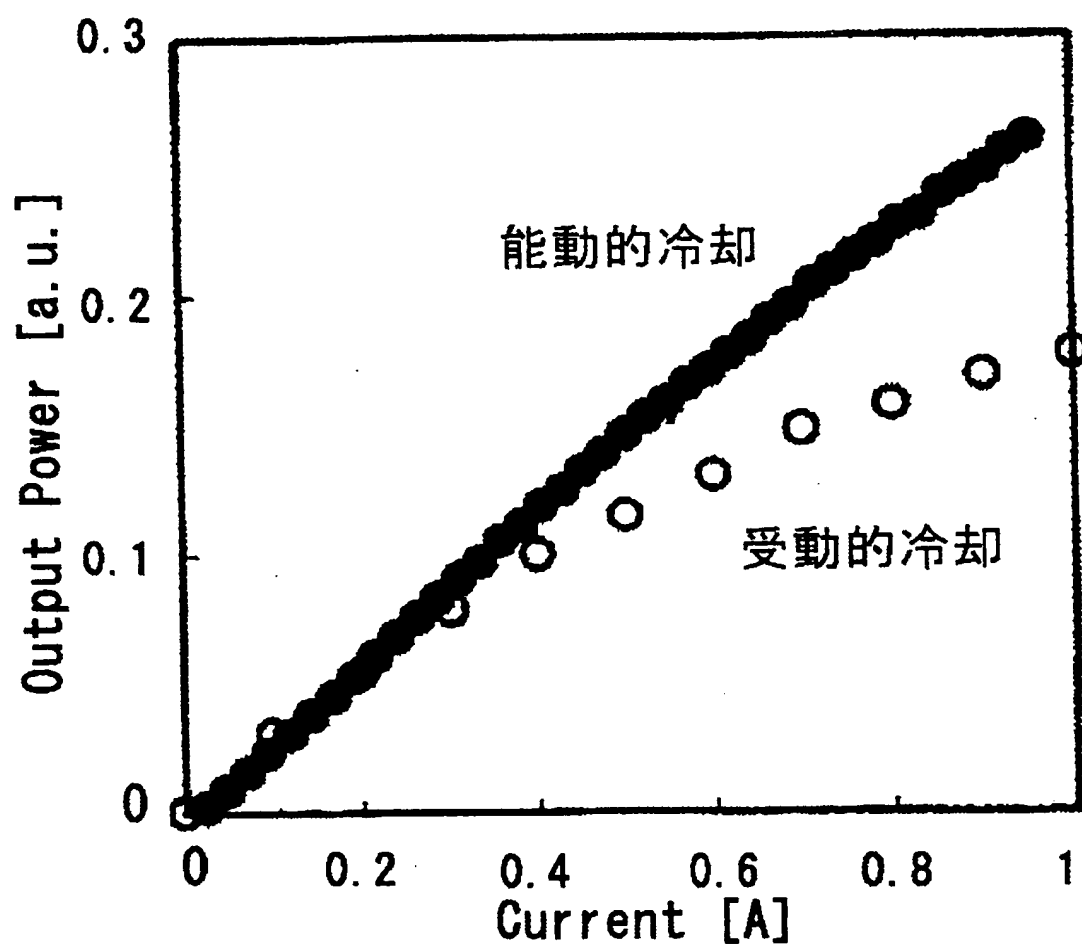
[図20]



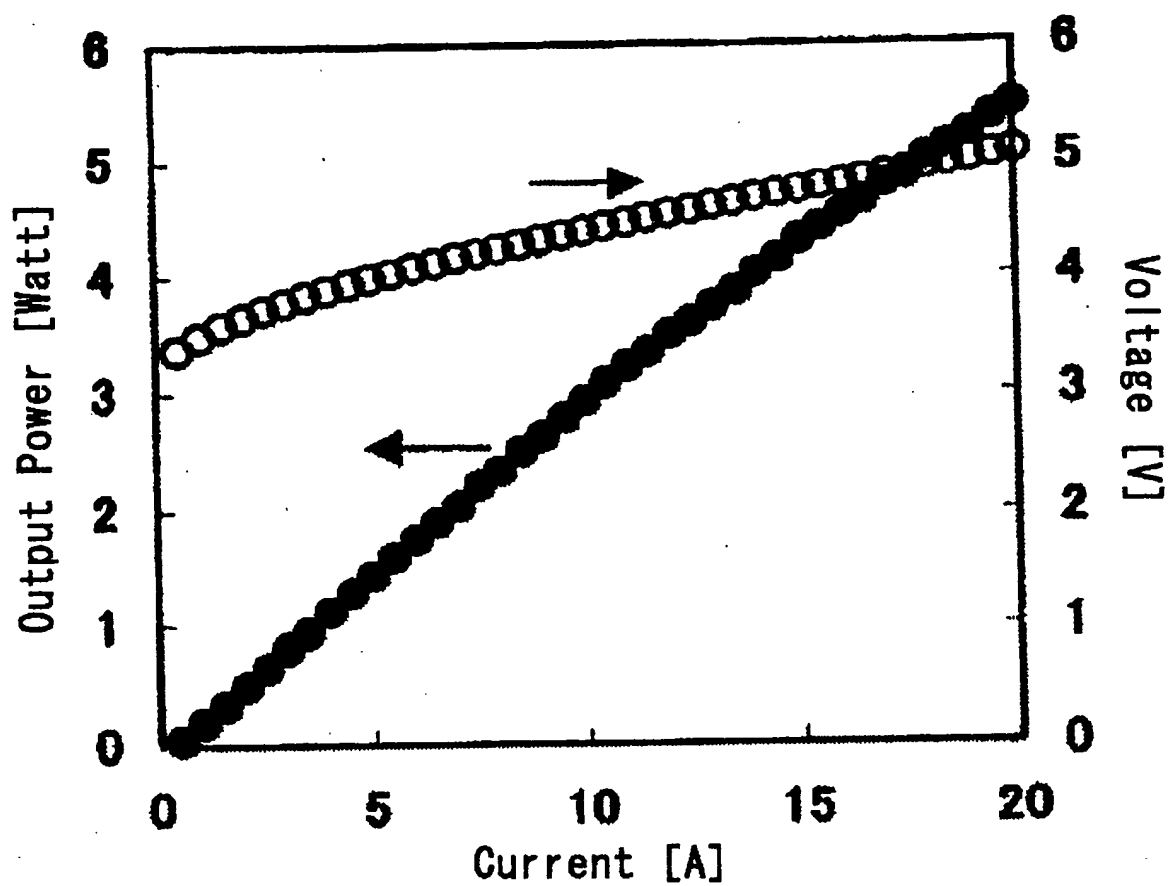
[図21]



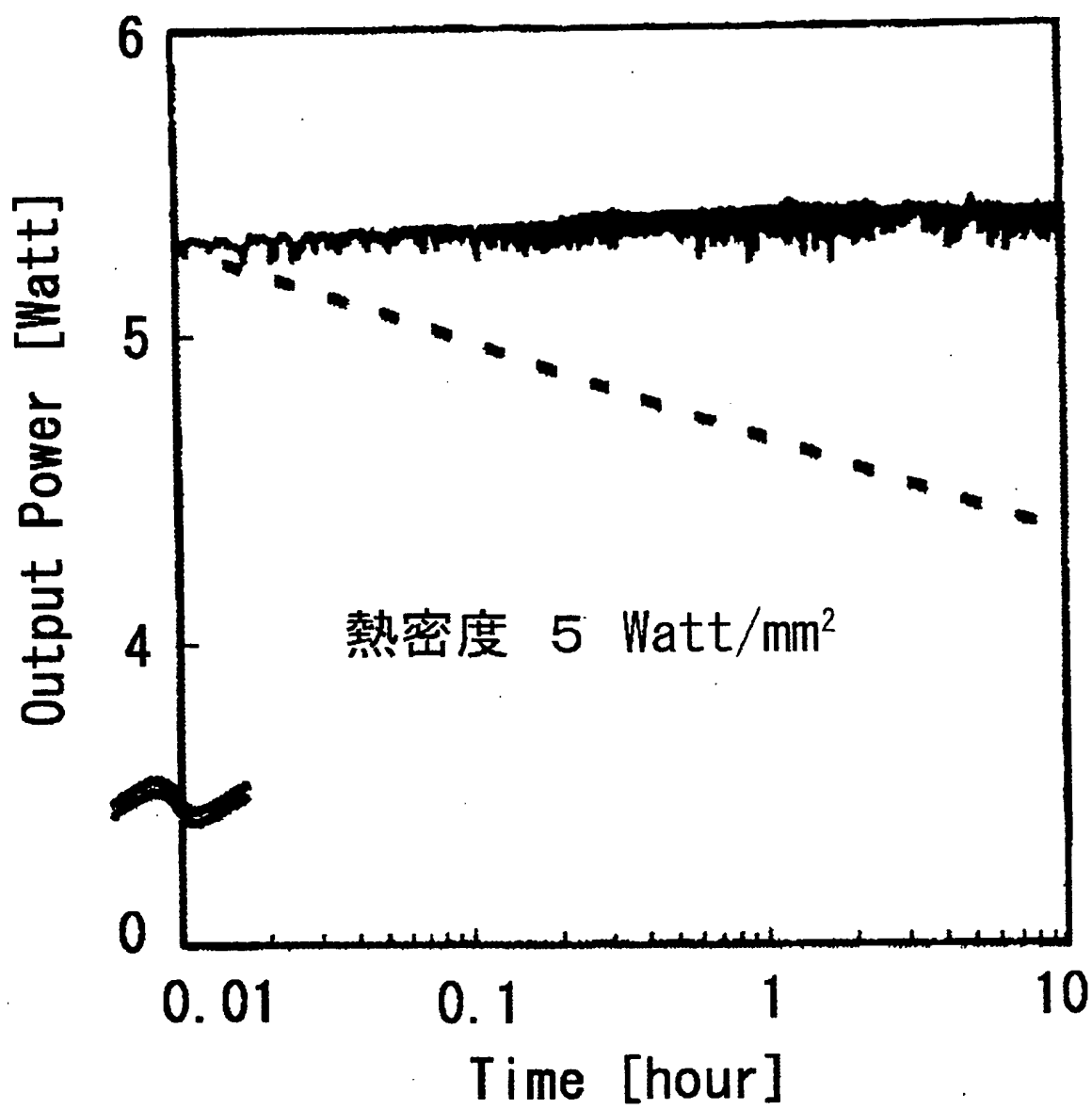
[図22]



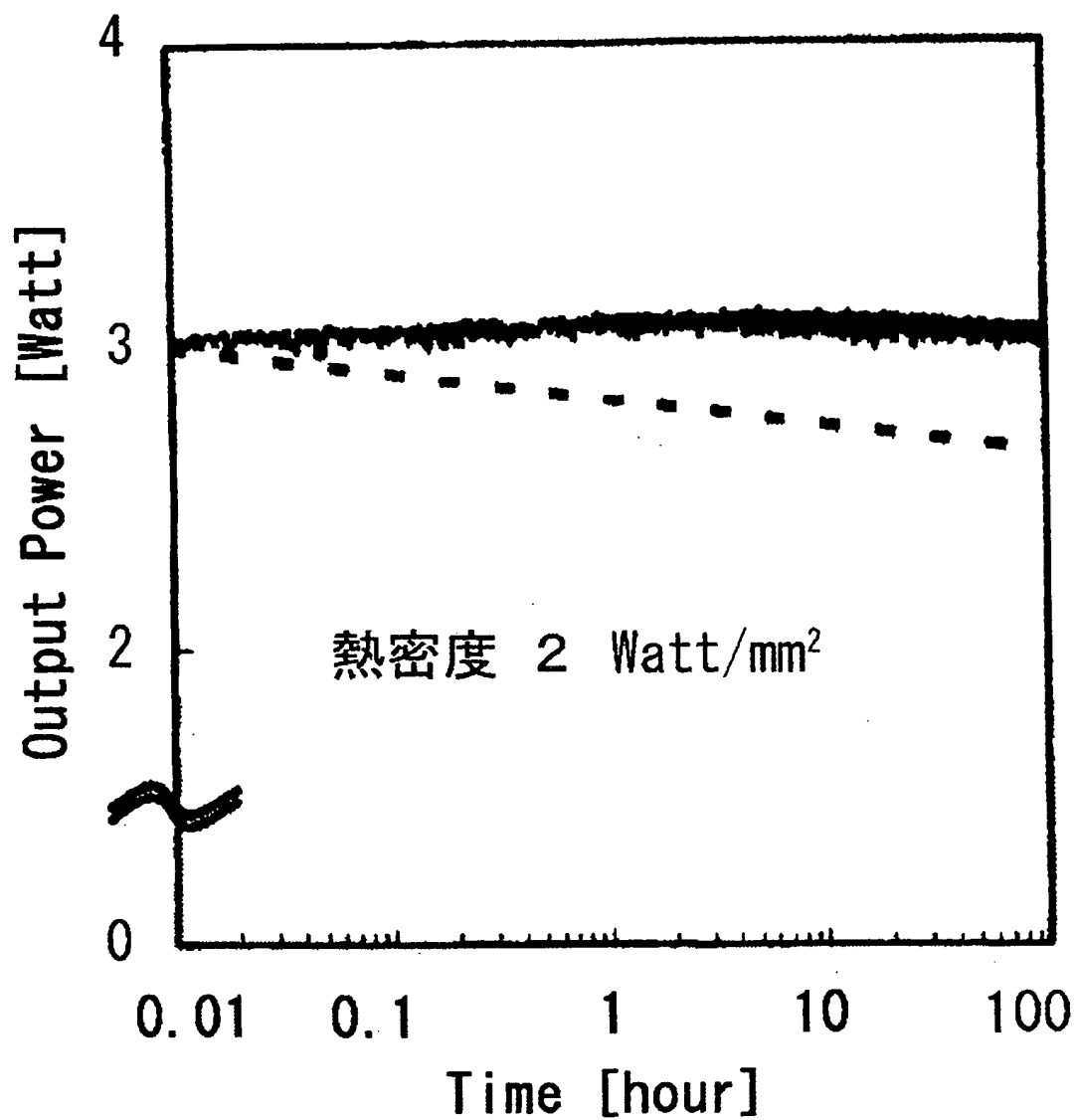
[図23]



[図24]

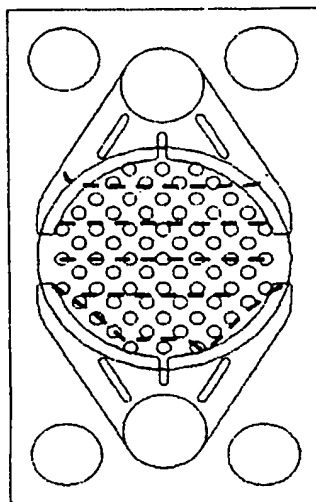


[図25]

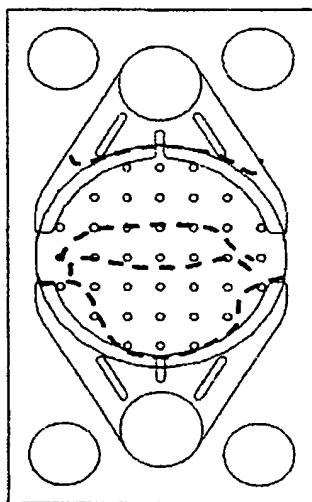


[図26]

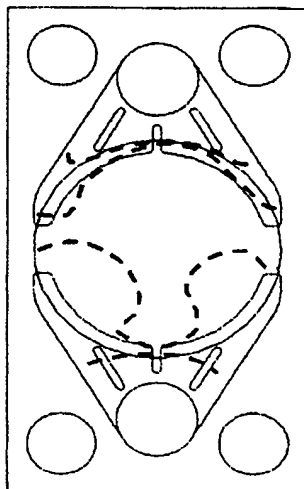
(a)



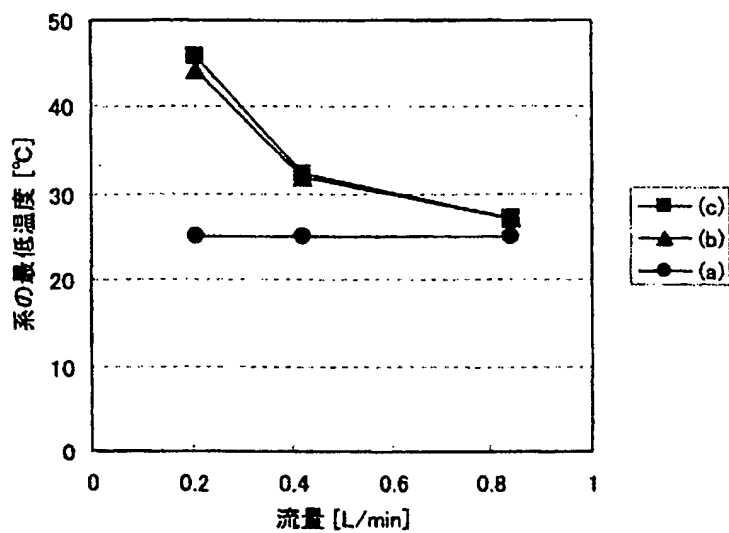
(b)



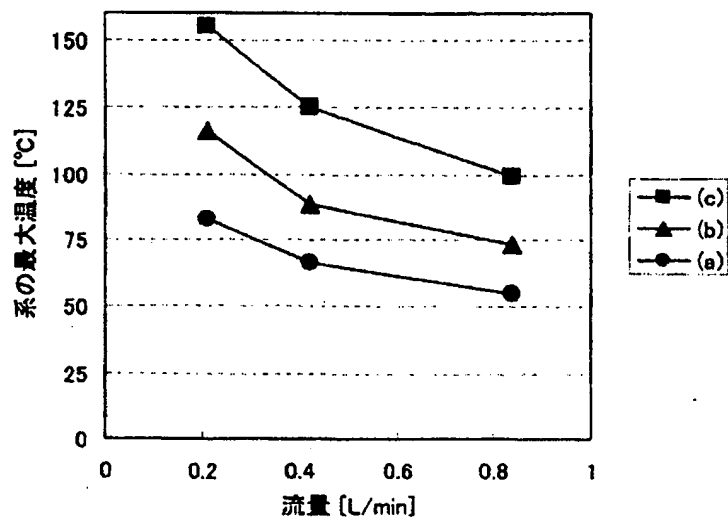
(c)



[図27]



[図28]



[図29]

